

第2章 人間特性データの収集

2. 概要

高齢者や障害者の人間特性データは、アクセシブルデザイン規格開発の基礎である。とりわけ、共通基盤規格と呼ばれる横断的技術は、多くの人間特性の分布を踏まえた上で開発されることが望ましい。本事業では、規格開発に重要と考えられる主要な人間特性について多数の被験者による計測実験を行い、大規模なデータを収集した。

データの収集にあたっては高齢者と若齢者の二つの年齢層に焦点を当て、人間特性に関する加齢効果を検討した。

2. 1 計測項目の選定

アクセシブルデザインの規格開発には、ISO/IEC Guide 71 に指摘された感覚機能・身体機能・認知機能に関する人間の加齢特性、及び障害による特性の変化に関するデータが重要である。平成 21 年度は、以下に示す基本的かつ製品設計に横断的に関係する人間特性データを収集した。測定項目の選定にあたっては、ISO/IEC Guide 71 の技術資料集である ISO/TR 22411 におけるデータ整備状況、及び学術的な人間特性データの実態を踏まえ、近い将来のアクセシブルデザイン技術の共通基盤規格開発に結びつくことを考慮した。

(1) 感覚・認知機能

① 音の大きさの感覚の加齢変化

高齢者の聴覚特性を考慮した音の評価法を開発するために、純音等に対する大きさの感覚を測定する。

② 音声提示の繰り返しによる音声聴取成績の改善

音声を繰り返し提示することにより聴取成績が向上する条件を測定する。

③ 音信号の方向定位に及ぼす反射音の影響

空間内で方向や場所を示すために用いられる音信号の設計のために、若齢者と比較した高齢者の方向定位能力を測定する。

④ 色の類似性領域及びカテゴリカル領域の計測

視覚サインや空間設計において重要な、識別しやすい色の組み合わせを測定する。

⑤ 触覚用浮き上がり図形の断面形状の影響

触覚パターンを構成する線の断面を変えた浮き上がり文字の触覚刺激を用意し、指先の触覚で文字や記号を読む場合の断面形状の影響を計測する。

(2) 身体機能

⑥ 上肢の到達域

立位及び座位の姿勢における、上肢の到達域を計測する。

⑦ 生活活動に関するアンケート

老研式活動能力指標を用いて、実験に参加した高齢被験者の生活活動能力指標を得る。

次節以降に、平成 21 年度に実施した計測項目とその計測結果の概要を示す。

2. 2 実験期間及び被験者

平成 21 年 10 月 7 日から平成 22 年 2 月 5 日の間の 16 週間をかけて、若齢者及び高齢者を対象に実施した。実験は 3 名一組で 3 種の実験を平行して行い、それぞれ計測項目を順に変えながら 1 日目に 3 項目を連続的に計測した。2 日目にさらに 1 項目の測定を行い、1 人の被験者につき計 4 項目の計測を行った。また、2 日目だけに参加する被験者も募り、データを補足した。高齢者については、日常の生活活動に関するアンケートを実施した。

若齢者については、筑波大学に協力を依頼し、53 名の参加者を得た。高齢者については、茨城県つくば市及び阿見町シルバー人材センターに依頼し、48 名の参加者を得た。なお、測定した人数は、測定項目によって異なる。

図 2-1 に高齢者及び若齢者の両被験者群の年齢分布を示す。若齢者は 18～29 歳の範囲にあり、20～24 歳の年齢範囲に約 80%の者が分布する。また、高齢者は 61～77 歳の年齢範囲に分布している。なお、高齢者は日常生活で健康な生活を営む人を対象とするため、その確認を目的として、日常の生活活動に関するアンケートを実施した（2.3.7 参照）。

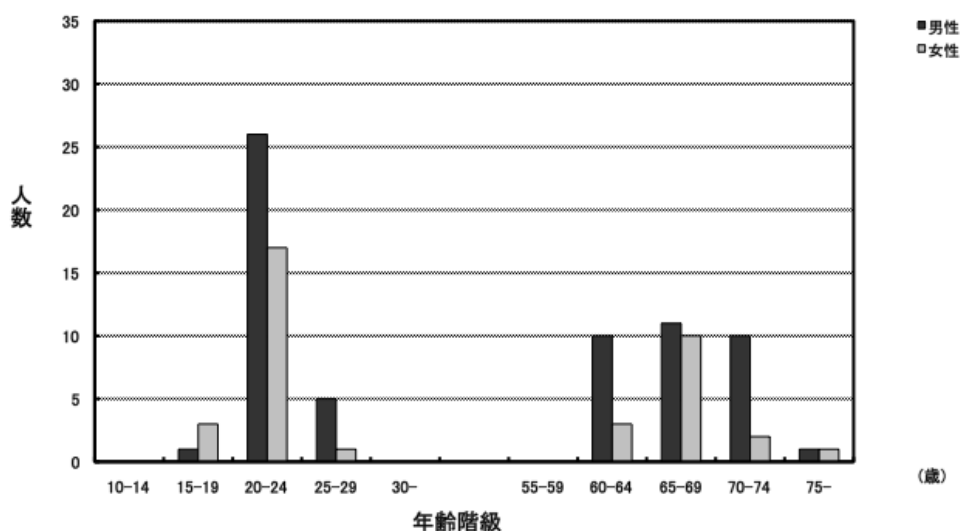


図 2-1 人間特性データ収集実験に参加した被験者の年齢分布

2. 3 各計測項目の概要と結果

2. 3. 1 音の大きさの感覚の加齢変化

(1) 実験の目的

加齢にともなって小さな音が聞き取りにくくなる（閾値が上昇する）ことは、広く知られている。加齢変化は、閾値だけでなく、音の大きさ感覚（ラウドネス）にも生じる。すなわち、若齢者と高齢者が大きいと感じる音は互いに異なっており、しかもその違いの程度は閾値の差からは予測できない。

本実験では、純音、雑音、環境音に対するラウドネスを測定し、加齢変化を考慮して騒音の大きさの感覚を予測する手法の開発に必要な資料を得る。

（２）計測方法

純音は、125～8000 Hz まで1 オクターブ間隔で7周波数、レベルは10～80 dB SL（周波数によって異なる）の15段階とした。雑音はピンクノイズであり、レベルは20～75 dB(A)の11段階とした。環境音は、市販のサウンドライブラリから選択した14種類である。これらの音は、無響室内のスピーカー1台から被験者に呈示した。

ラウドネスの判断は、マグニチュード推定法によって求めた。被験者は一つの音を聞いた後、その音に対するラウドネスを数値で回答した。

被験者は、若齢者7名、高齢者8名であった。

（３）結果と考察

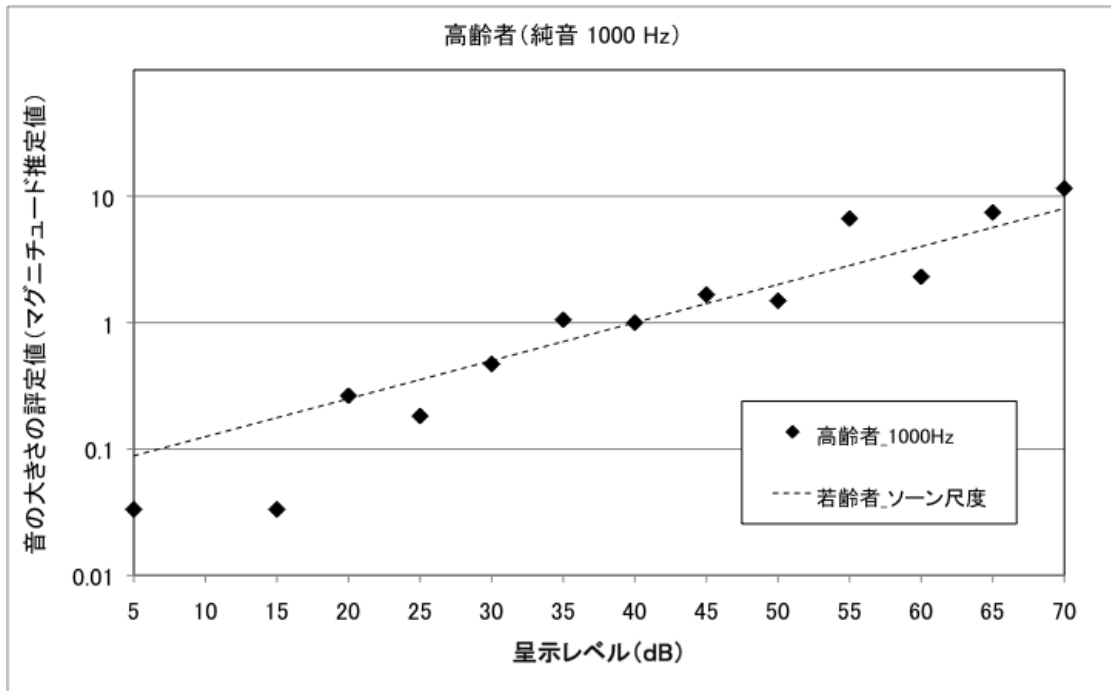
一例として、1000 Hz 及び8000 Hz 純音に対する高齢者群のラウドネス増加関数を図2-2(a)、(b)に示す。図には、すでに確立されているラウドネスの尺度（ソーン尺度：若齢者の標準的なラウドネス増加関数）を重ねて示してある。

これによると、1000 Hz 純音については、高齢者群のラウドネス関数とソーン尺度に大きな違いはない。すなわち、この周波数の音については、加齢による大きさの感覚の変化は比較的小さい。このことは、1000 Hz の聴力低下が比較的小さいことから予想される。

一方、8000 Hz 純音では、高齢者群のラウドネス増加関数はソーン尺度に対して全体に低い。すなわち、若齢者よりもその音を小さく知覚していると言える。また、ソーン尺度に比べて関数の傾きが大きい。これは、「リクルートメント現象」として知られる知覚特性であり、音のレベルが高くなるにしたがってラウドネスが急激に増加する、すなわちレベルの高い音に対する大きさの感覚は、若齢者とあまり変わらないことを示している。

今後、純音のラウドネス増加関数から、本実験で用いたピンクノイズ及び環境音のラウドネスを予測するモデルを構築し、加齢変化を考慮した騒音一般の評価方法を確立する計画である。

(a)



(b)

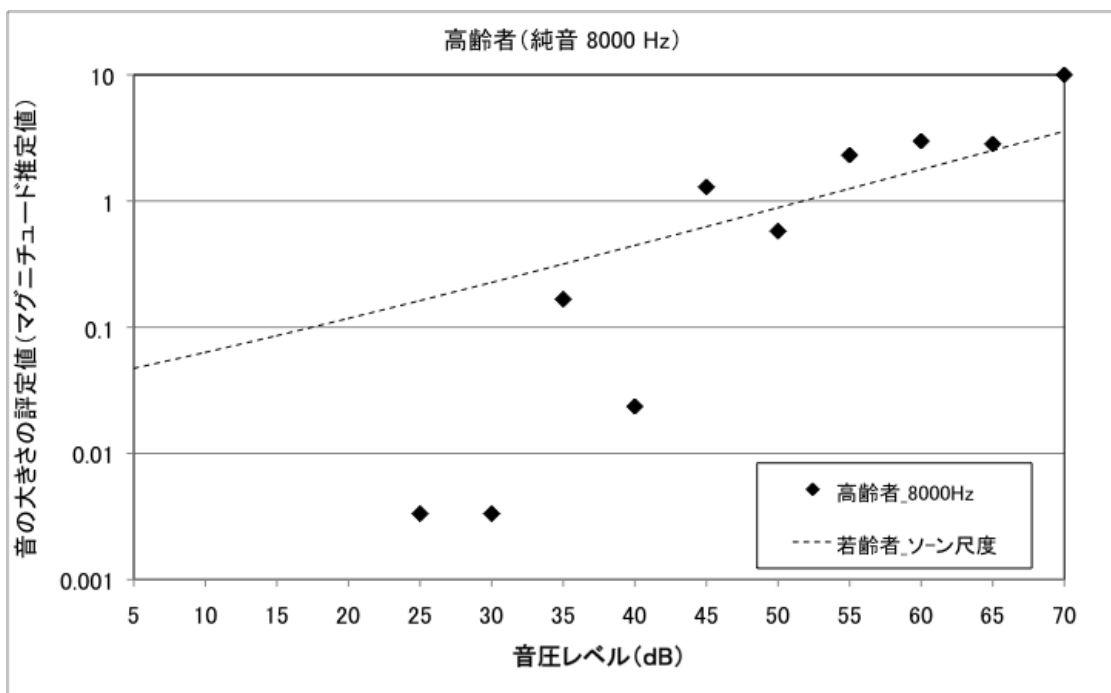


図 2-2 (a) 1000 Hz 及び (b) 8000 Hz の純音に対する高齢者群のラウドネス増加関数

2. 3. 2 音声提示の繰り返しによる音声聴取成績の改善

(1) 実験の目的

高レベルの騒音環境における音声聴取の場面及び高齢者ならびに聴力障害をもつ聴取者に音声情報を伝達する場面においては若齢者が通常環境で音声案内を聴取する場合よりも音声聴取成績が低下し、聴き取り間違いが生じる。そのような場合、SN比（音声と騒音の音圧レベル差）を向上させることにより音声聴取成績を向上させることが第一の対策である。

一方、十分だと想定されるSN比を確保するための音声提示レベルが過大となる場合、あるいは騒音の分布が一様でない空間（換気扇と電磁調理器が作動している炊事を行っている台所など）で同一空間のほかの場所（例えばリビングルーム）において音声案内がうるさいと感じられるような場合には音声提示レベルをできるだけ下げたいという要求が生じると考えられる。音量で対策ができない場合の手段として情報の冗長性を高める一つの手段として「繰り返し提示」が考えられる。

このような場合には音声メッセージを繰り返し聞くことができるボタン等が有効である。カーナビゲーションの音声案内が音楽や外部騒音で聞こえないときなども繰り返しボタンや音声案内が選択できると有効であると考えられる。1度目の案内は聴取者に聴き取りを要請するトリガーとして、そして音声メッセージの一部（特に後半）を伝える役割として作用すると想定される。

以上の状況を想定した場合、繰り返しにより音声聴取成績が向上する条件の範囲および繰り返しの効果を知ることを目的とした。

(2) 計測方法

音声試料として単語親密度が高い、よく用いられる高親密度単語を用いた。背景騒音として60 dB(A)の音声スペクトルノイズを用いた。この騒音は音声に対する妨害効果が最も高い。実験は背景騒音下で音声の提示音圧レベルをさまざまに変化させて行った。

実験は被験者ごとに異なる条件で行った。まず、単語を1回のみ提示する条件で、正答率が0%から100%となるSN比の範囲で7条件において単語を1条件につき20単語提示しそれぞれの条件下での正答率を求めた。回答はひらがなまたはカタカナで聞こえたとおりに回答用紙に書き取らせることによった。次に得られた七つのデータを用いて正答率が25%、50%、75%の正答率が得られる三つの音声提示レベルを推定した。この3条件において1条件につき20単語を用いて、音声の繰り返し提示時の正答率を測定した。

単語の繰り返し提示は、被験者が聴き取れるまで繰り返しを行うことによった。被験者は繰り返しを行うためのボタンを操作し、ボタンを1度押すごとに単語を再度1回のみ聞くことができる。なお、このボタンの操作回数は5回を上限とした。聴き取れた場合は用紙に書き取り、次の単語を提示するボタンを操作する。

被験者数は、若齢者 24 名、高齢者 27 名であった。

(3) 結果と考察

図 2-3 に実験結果として若齢者および高齢者の正答率の平均値を示す。まず、1 回提示時の若齢者と高齢者の差を見る。単語 1 回提示時において、若齢者と高齢者とが同じ正答率を得るためには、高齢者は若齢者よりも SN 比で 4 dB 程度良い条件が必要であることがわかる。この結果は過去の実験結果と対応している。

次に繰り返し提示したときの効果をみる。若齢者は 10%から 18%、高齢者は 6%から 8%程度の正答率の向上が繰り返しにより得られている。したがって、音声を繰り返し提示することにより正答率は向上するといえる。一方、高齢者の正答率向上は若齢者の半分程度であり、SN 比に換算すると 2 dB に満たない。なお、繰り返し回数の平均値は若齢者及び高齢者とも SN 比の条件が悪いほうから 2.7 回、1.9 回、1.4 回であり、条件が悪いところほど繰り返し数を多く選択していることがわかる。

この結果から、高齢者に対する音声繰り返し提示の効果は限定的であることがわかる。結論としては SN 比の向上、つまり騒音の低減および音声提示音量の大きくするなど、の対策が第一であることがいえる。

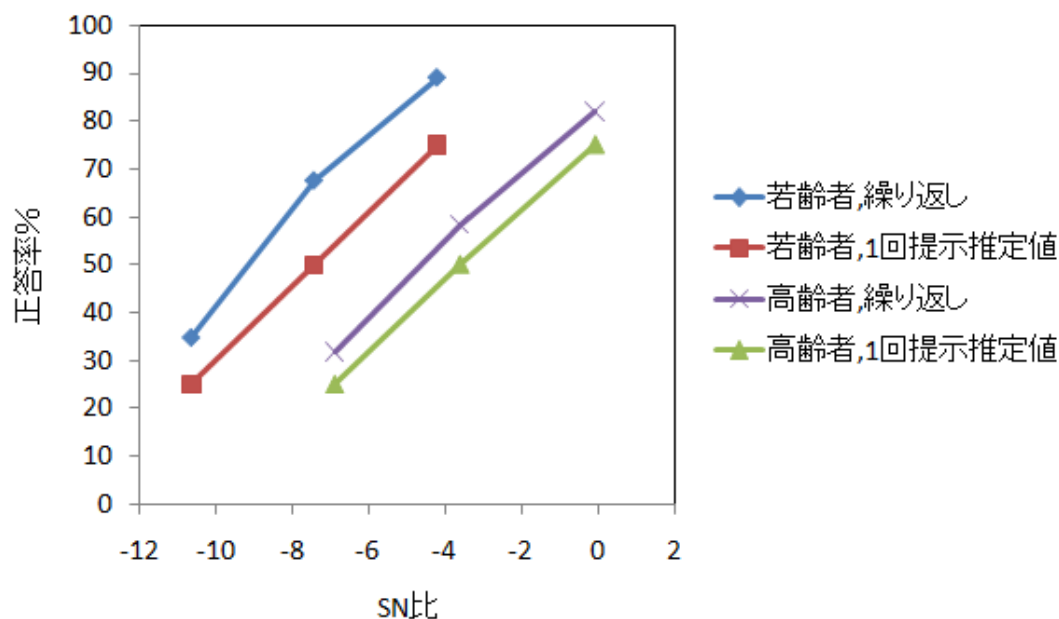


図 2-3 単語を 1 回提示した時の正答率の推定値と繰り返し提示したときの正答率

2. 3. 3 音信号の方向定位に及ぼす反射音の影響

(1) 実験の目的

誘導鈴等の方向や場所を示すために用いられる音響案内の設計のために、高齢者を考慮

する際に、高齢者が若齢者と比較してどの程度の方向定位能力があるかを確認する。社会の高齢化により視覚障害者も高齢化していることを考慮しなければならない。

今回は壁による単一反射音の影響を調べた。反射音が到来するまでの直接音に対する時間遅れと反射音の直接音と比較した場合の相対的な音圧レベルを要因として取り扱い、壁面の配置と吸音特性に関する知見を得ることを目的とした。

(2) 計測方法

直接音と反射音の提示方向として、図2-4に示すように正面を 0° として右方向をプラス、左方向をマイナスとし、 0° 、 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 120^\circ$ 、 180° の6方向とした。直接音と反射音はそれぞれ1か所かつ別々の方向から提示した。直接音に対する反射音の遅延時間は30、60、90、120 msの4遅延とした。なお若齢者については150 msの条件も行った。反射音と直接音の音圧比は-9、-3、+3、+9、+15 dBの6条件とした。反射音のほうが大きい場合は音を発生している機器が利用者から見えない状況で起こり得る。なお反射音を付加しない条件も行った。信号音として用いた誘導鈴（「ピン・ポーン」音）は、波形はのこぎり波であり基本周波数770 Hzおよび640 Hzである。図2-5に誘導鈴波形の包絡パターンを示す。

被験者には、誘導音の方向に歩いていくことを想定したときに歩いていく方向を想定して回答させた。そのほかに音が出たと感じる方向があった場合はその方向も合わせて回答させた。被験者には 15° 間隔で設置したスピーカーに付した番号を答えることにより方向を回答用紙に番号で記入させた。

被験者数は、若齢者25名、高齢者18名であった。



図2-4 直接音と反射音の提示方向

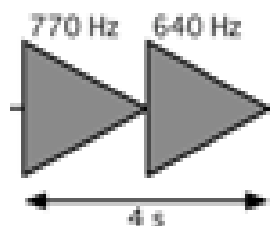


図2-5 誘導鈴波形の包絡パターン

(3) 結果と考察

図2-6に反射音の直接音に対する相対音圧レベル条件ごとの遅れ時間と正確に誘導された割合の関係を示す。正確に誘導された割合とは、直接音の提示方向から $\pm 15^\circ$ 以内の範囲で回答された割合を指す。まず高齢者と若齢者を比較する。反射音がない条件での平均値は若齢者が98%、高齢者が97%と両者の差はほとんどない。また、150 msの遅れ時間の条件においては高齢者のほうが正確に誘導される割合が高い傾向がある。したがって

高齢者のほうが正確に誘導される場合が多いと推定される。

次に直接音に対する反射音の相対音圧レベル（以下、反射音レベルと記す）に着目する。正確に誘導される割合は反射音レベルが3 dBの場合に大きく低下する。-9 dBの条件では遅れ時間によらずに90%程度正確に誘導され、反射音による誘導の妨害により7%程度正確さが損なわれる。しかし、-3 dBの条件では正確に誘導される割合が70%程度まで低下する。相対レベルが-9 dBから-3 dBまでの範囲では反射音の遅れ時間の影響は、高齢者の150 ms条件の正確さが向上する以外は見られない。

以上より、反射音が伴った誘導鈴の方向を判断する際に加齢による聴力損失の影響はないことがわかった。また、誘導鈴が設置され、誘導鈴による方向誘導が必要な場所では反射音が直接音よりも3 dBから9 dB程度音圧レベルが低い必要があり、それは反射音の遅れ時間によらない、つまり壁面、音源および受聴位置の関係によらないことが示された。

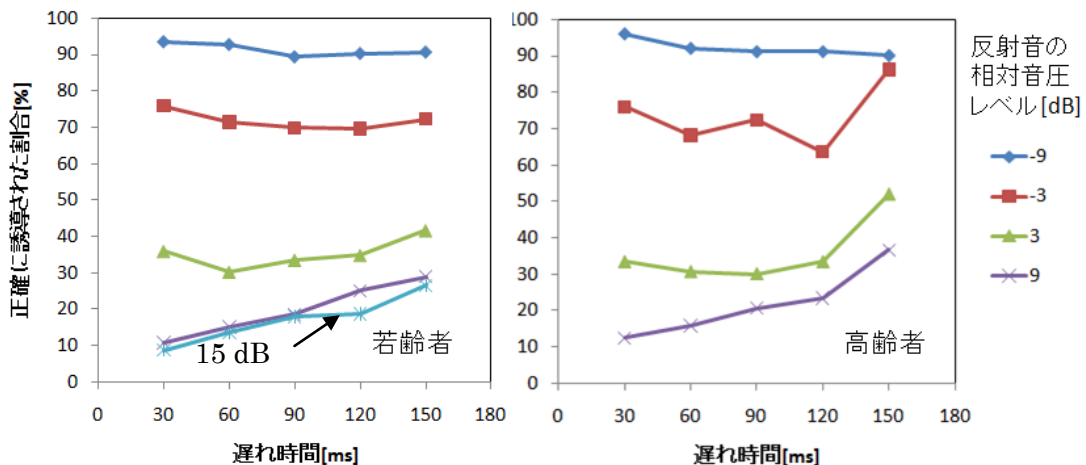


図2-6 反射音の直接音に対する相対音圧レベル条件ごとの遅れ時間と正確に誘導された割合の関係（左図：若齢者、右図：高齢者）

2. 3. 4 色の類似性領域及びカテゴリカル領域の計測

(1) 実験の目的

色の組み合わせや色による分類は視覚サインや空間設計において重要であり、識別しやすい色の組み合わせ・色の選定に関する設計指針の開発が望まれる。色覚は基本的な生理機構は同一であるが、高次の認知レベルまでを考慮し、色の区別だけでなく、その色の認識に及ぼす影響を確認する必要がある。

今回の実験では、似ていると思う範囲「基本色領域」と、何色であるかという色名を基準とした「色のカテゴリカル領域」の2項目を計測し、それぞれの領域の違い及び加齢効果の影響について調べることを目的とした。

(2) 計測方法

実験に用いた色票は、日本色彩研究所製の JIS 管理色票セット (約 1500 色) から基本色として 16 色選定し、比較するテスト色票として前述の基本色 16 色を含む 200 色を選定した。

また高演色タイプの蛍光灯を用いて、色票を提示する机上の水平面照度を 500 lx とする明所視の条件で行った (図 2-7)。

観測者はあらかじめ石原式色覚検査により色覚異常の検査を行った。

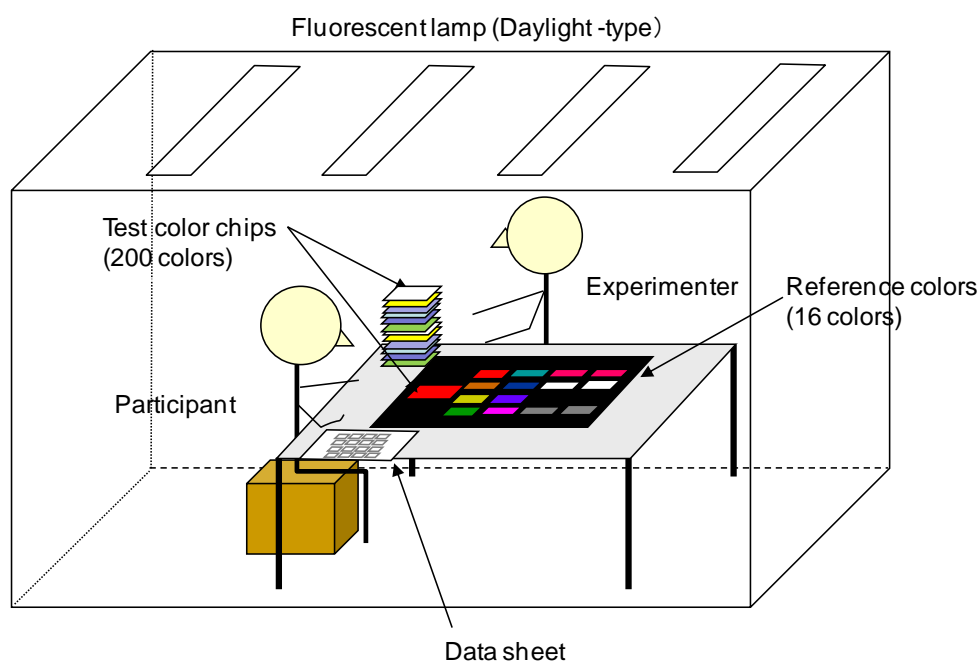


図 2-7 実験環境概要

(2) - 1 本色領域の計測

基本色と呼ばれる代表的な色 (参照色) を 16 色 (表 2-1 参照) に対し、テスト色と呼ばれる他の 200 色を、それぞれの基本色と比較検討する。観測者は色の見えの類似性に基づいて、参照色とテスト色の類似、非類似を判定する。この類似性判断のデータを集計すると、特定の基本色に関する類似、非類似の色のグループが抽出され、これを基本色領域とする。多数の観測者のデータを集計し、平均的な基本色の領域を高年齢及び若年齢者に対して計測した。

基本色領域計測の手順

- 参照色のボードを机上に置き、被験者の目からボードの中心までの距離を約 50 cm に保つ。
- テスト色から 1 色ランダムに選択し、参照色 (基本色) の手前に置く。

- 被験者にテスト色と 16 個の参照色（基本色）16 色の一つずつを比較し、色の見えが「似ているか（類似）否か」を判断させ、その結果をデータシートに記録する。
- もし、テスト色と参照色（基本色）が全く同じに見える場合は特に「同じ」という判断を設け、それを記載する。
- 「類似」の判断は被験者の主観に従って判断し、特にアンカーは示さない。「同じ」の判断も同様。また、「類似」や「同じ」として選択する数に制限はなく、全く該当する色がない場合もあることを被験者にあらかじめ理解させる。

テスト色200色に対して評価判断を連続して行った。ただし、随時休憩を取ることは可能とした。

表 2-1 基本色領域の計測に用いられた基本色票

赤 1 : 5R4/14	赤 2 : 5R5/12
橙 1 : 5YR7/12	橙 2 : 5YR5/10
黄 1 : 5Y8/12	黄 2 : 5Y5/6
黄緑 : 5GY5/8	
緑 : 5G5/8	
青緑 : 5BG5/8	
青 : 5B5/8	
青紫 : 5PB5/10	
紫 : 5P5/10	
赤紫 : 5RP5/10	
黒 : N1.0	
灰 : N5.0	
白 : N9.5	

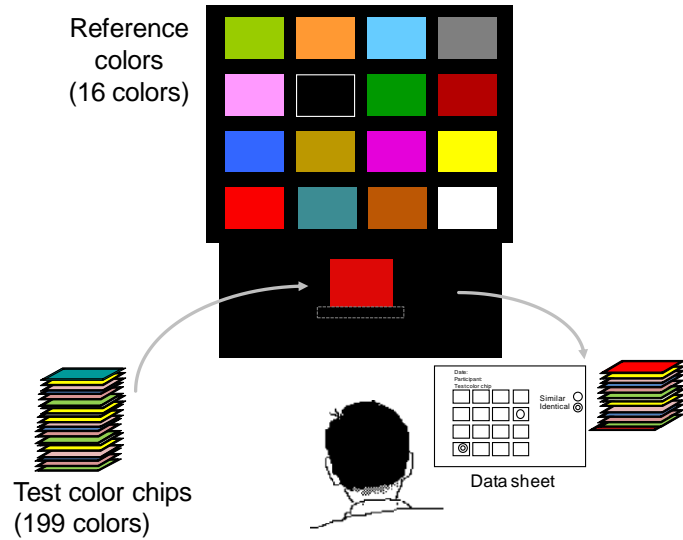


図 2-8 基本色領域実験の方法

(2) - 2 色のカテゴリー領域の計測

基本色領域の判定で用いた 200 色のテスト色票について、11 色の色名の判定を行った。実験では、各テスト色の類似の判定後に引き続き、色名の判定を行った。回答では表 2-2 を見せ、色名もしくは番号での回答とした。全てのテスト色票の色名は必ずこの 11 色の中から 1 色を選択することとした。基本色領域と同様、実験時間内での休憩は随時可能とした。

表 2-2 色名

1. 赤
2. 橙(オレンジ)
3. 黄
4. 緑
5. 青
6. 紫
7. 桃(ピンク)
8. 茶
9. 白
10. 灰
11. 黒

(3) 結果と考察

(3) - 1 データの集計方法

得られた基本色領域の類似及び同一性のデータは基本色ごとに集計した。例えば赤の基本色である 5R4/14 という参照色の色票に対し、200 色のテスト色の色ごとに、参加した被験者の総数のうち何人が「類似」と判定したかを類似度 (%表示) のデータとして集計した。

同様に、色名カテゴリーカル領域も、11 色の色名に対し 200 色のテスト色ごとに何人がその色名だと判定したかを集計した。

(3) - 2 データと考察

基本色領域の例として 赤 (5R4/14)、黄 (5Y8/12)、緑 (5G5/8)、青 (5B5/12) の例をそれぞれ、図 2-9~12 に示す。

各々の図はマンセルの等明度平面上 (xy 軸) に類似応答の頻度を平面に垂直な軸 (z 軸) に示した 3次元のグラフである。

マンセルの明度平面は、赤 (5R4/14) の場合は明度 3 (value=3)、黄 (5Y8/12) の場合は明度 7、緑 (5G5/8) 及び青 (5B5/8) の場合は明度 5 となっているが、これらの平面は各色の代表的な平面を示すものであり、それぞれのデータは明度 3 から明度 5、明度 7、明度 9、と 4 平面に渡る立体的なデータになっている。

主な結果は以下の通りとなった。

1. 基本色領域について

全体として高齢者と若齢者で同様の分布を示している。しかし高齢者は彩度が高い色 (マンセル表記上で中間から外側の色) の方により集中しており、若齢者の方が同色相で彩度の低い色 (マンセル表記上で中心に近い色) の方まで分布が広がっている。そのため類似度別 (10. 30. 50. 70%) 領域には加齢による違いが生じている。

2. 色名カテゴリーカル領域について

全体として、領域を占める色相の範囲は高齢者・若齢者はほぼ同じであるが、一部の高齢者 (少人数) が非常に広い分布となっており、色名の混同が見られる。また赤や黄に比べ、高齢者の緑・青の領域は非常に広く、青と緑についての色名の認識が混同されている。これはおそらく緑色のライトの信号を「青信号」というような慣用化した日本語独特の言い方の影響もあると思われる。

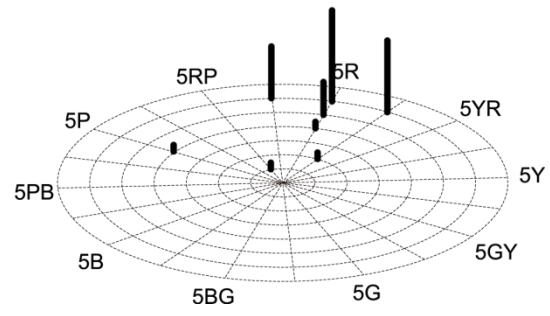
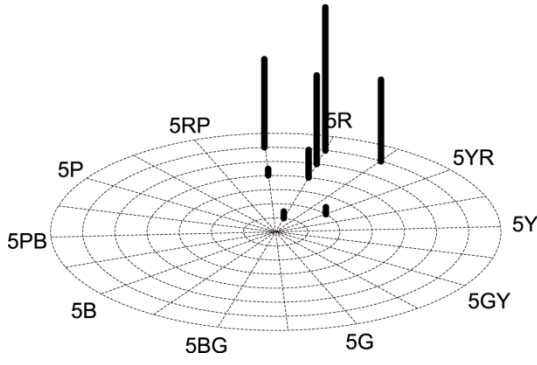
3. 基本色領域とカテゴリーカル領域の違い

基本色領域は、類似または同一、非類似の判断によるため、見え方を基準とした感覚的な判断による領域である。一方、色名によるカテゴリーカル領域は「○○色」という認識によって判断される領域である。両領域の違いは、基本色は明度・彩度・色相の三つの条件により類似かどうかの判断をするのに対し、色名の方は有彩色では色相優位の判断となり、明度・彩度差へ領域が広がる傾向がある。

5R4/14

若年者

高齢者



赤

若年者

高齢者

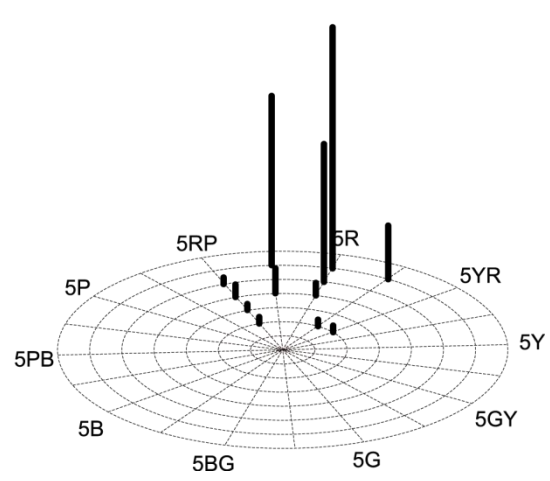
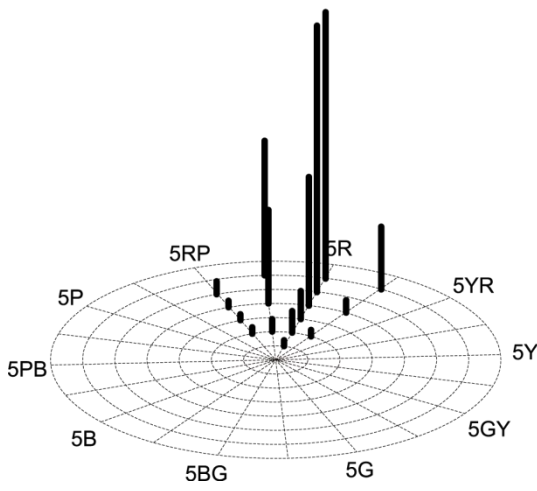
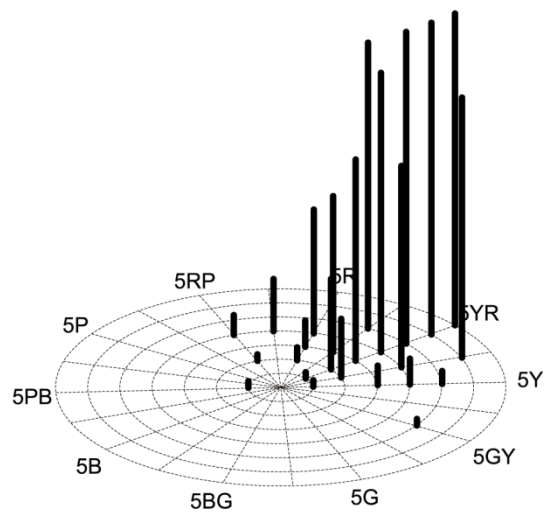
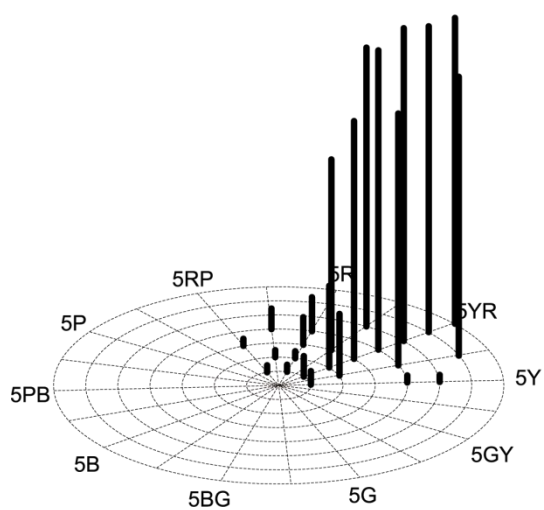


図2-9 (上図)5R4/14(赤)の基本色領域、(下図) 赤のカテゴリカル領域。明度5平面での比較

5YR7/12

若年者

高齢者



黄

若年者

高齢者

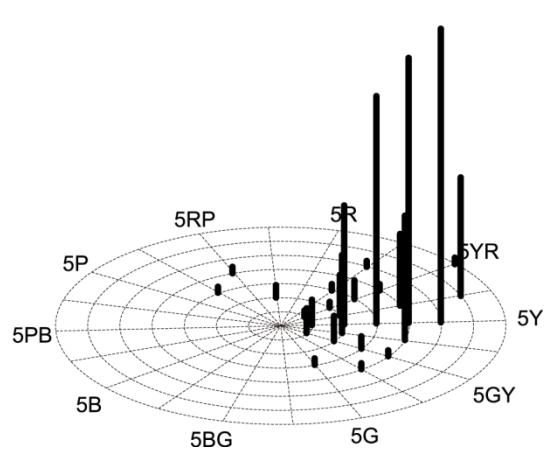
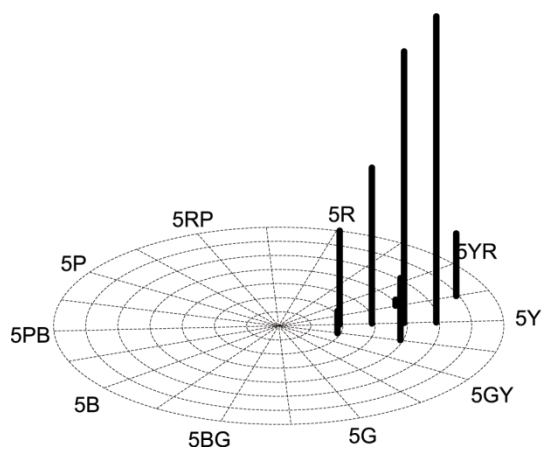
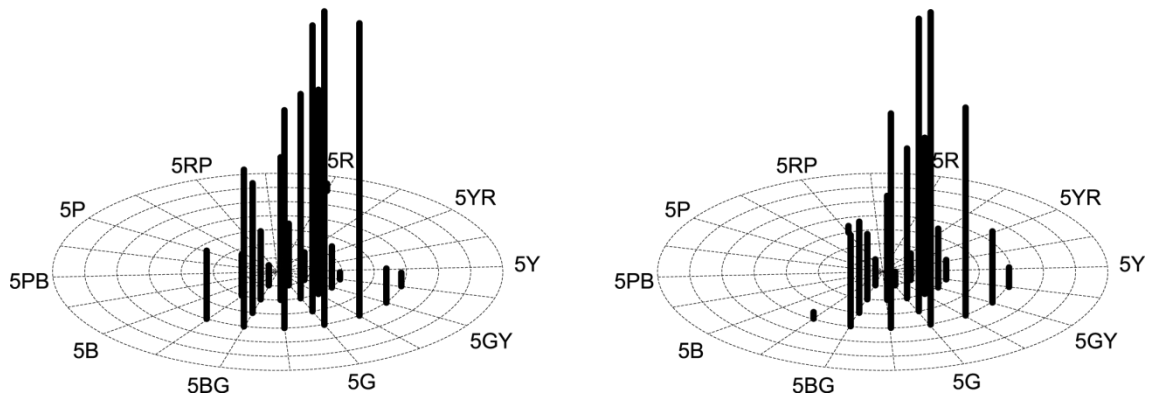


図2-10 (上図)5Y7/12(黄)の基本色領域、(下図)黄のカテゴリカル領域。明度7平面での比較

5G5/8

若年者

高齢者



緑

若年者

高齢者

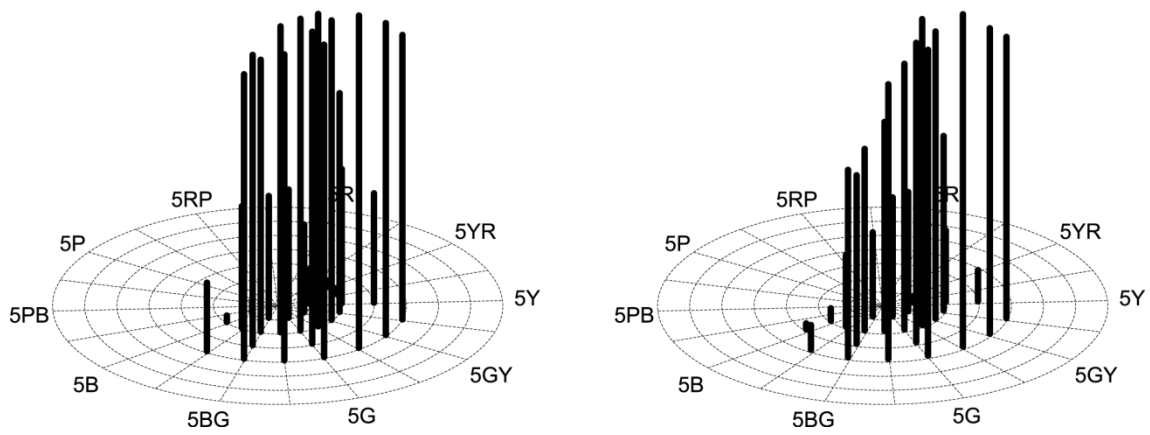
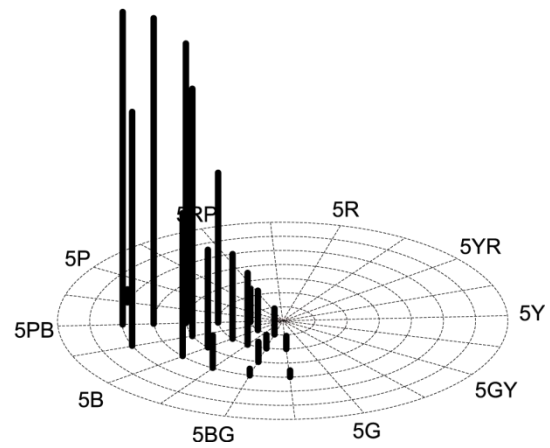
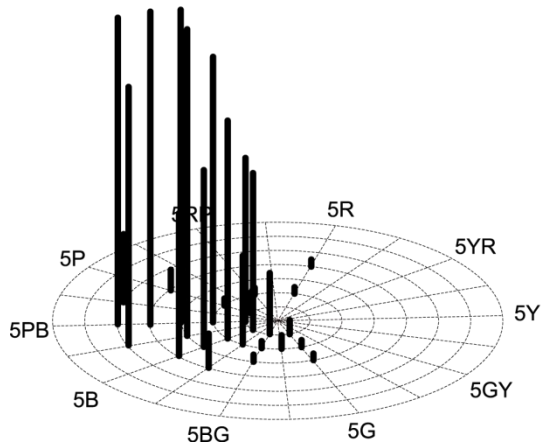


図2-11 (上図)5G5/8(緑)の基本色領域、(下図) 緑色のカテゴリカル領域。明度5平面での比較

5B5/8

若年者

高齢者



青

若年者

高齢者

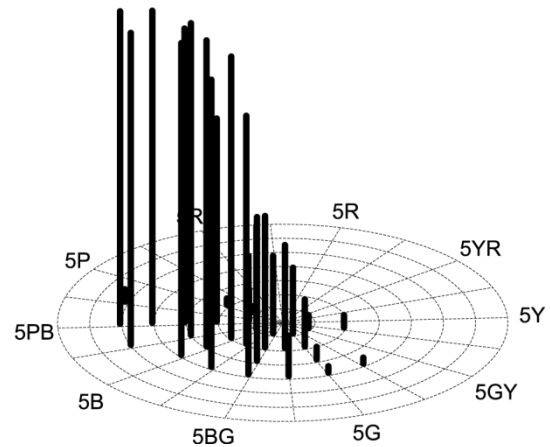
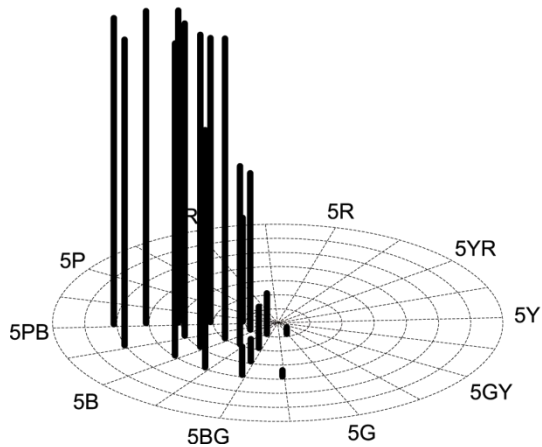


図 2 - 1 2 (上図)5B5/8(青)の基本色領域、(下図) 青のカテゴリカル領域。明度 5 平面での比較

2. 3. 5 触覚用浮き上がり図形の断面形状の影響

(1) 目的

触覚は視覚障害者が情報を得る有力な手段であるにもかかわらず、大きさ、浮き上がりの高さなど、多くのデザイン手法がまだ確立されていないためその利用が十分進展していない。視覚障害者が社会参画やコミュニケーションを円滑に進めるためには、触覚による文字や図形情報の伝達が非常に効果的であり、読みやすい触覚文字や触覚図形のデザイン手法を確立することは、アクセシブルデザインにとって極めて重要である。

一方、IT 機器の分野ではシステムと人間のインターフェースにおける新しい情報伝達手段として触覚利用が進展しており、人間の特性を踏まえた適切な触覚情報の活用法の確立も望まれている。

具体的な触覚活用として挙げられるものは浮き上がり文字や記号であるが、これらの文字や記号を設計する上での重要な要因の一つは図形を構成する浮き上がり線の断面形状である。視覚障害者の経験によれば三角や台形が読みやすいということが指摘されているものの、それを示すデータはない。また、他の断面形状、すなわち半円形や矩形などと比較したデータも存在しない。そこで、本実験では、断面形状を変えた触覚図形を用意し、その読みやすさを評価して、触覚図形における適切な断面形状を再検討することにした。

今回の実験的検討では、これまでに実施した小さなサイズ（1辺 8mm、12mm）の触覚図形の実験的検討を踏まえ、エレベータやホテルにおける表示版などで利用されているさらに大きな文字サイズで検討することにより、実際の活用場面を考慮した断面形状の検討を行うこととした。また、触覚の基礎特性や加齢効果との関連を考慮するため、指先の触覚の空間分解能や触圧感度を同時に計測するとともに、これらすべての実験を高齢者及び若齢者で比較して年齢効果を明らかにしながら検討を進めた。

(2) 計測方法

(2) - 1 触覚基礎特性の測定

a) 空間分解能の測定

文字や図形を触覚で読む場合の基礎的特性として関連するものは、触覚の空間分解能である。文字や図形の判読の実験と合わせて、各被験者の空間分解能に関わる閾値を調べた。

測定方法として、JVP Dome と呼ばれる溝の方向識別を用いた。上向きに固定された人差し指末節の触紋中心付近を JVP Dome で 80gf の圧を掛けて上から押す。押し当てる方法は、溝の方向が指先に同じ方向か又は垂直な方向の二つのみで、被験者は触覚情報によってその溝の方向を答えた。

溝の幅は 0.5mm 間隔で、0.5mm から 4.0mm まで用意し、これに 1.2mm を加えて、粗い溝から順にそれぞれ 10 回繰り返し計測した。10 試行の確率データから偶然の確率を考慮して正答率 75% のレベルの閾値を決定し、空間分解能のデータを得る。

被験者の視覚はカーテンで遮断されているので、被験者は視覚によって回答することはできず、触覚のみのデータが抽出される。

b) 触圧感度

空間分解能と同様に触覚の基礎特性として触圧感度を測定した。Von Frey Hair と呼ばれる太さの異なるナイロンの糸を垂直に指先に押し当てて触れた感じの有無を調べる。被験者は試行ごとに指先に触覚を感じたか否かを答えた。視覚はもちろん遮断されており、触覚のみで答える。ナイロン糸の太さと圧の関係はあらかじめ校正されているので、この方法により触覚を感じさせるための最小の触圧を知ることができる。

空間分解能ほど直接的ではないが、触圧感度も基礎特性として記号や図形の判読特性に関係する重要な要因の一つであり、被験者ごとにこうした基礎特性を把握しておくことはのちの読みやすさ評価データの解釈にとって重要である。

(2) - 2 浮き上がり図形の判読と読みやすさ評価

a) 図形の判読

幾何学図形5種（○、△、□、→、←）について、それぞれ図2-13に示す8種の断面形状を有する浮き上がりパターンを用意し、被験者に人差し指のみで読ませた。パターンの他のデザイン要素は以下のように固定されている。

図形サイズ： 16 mm、24 mm（正方形の1辺の大きさ）
 浮き上がり線の幅： 1.5 mm

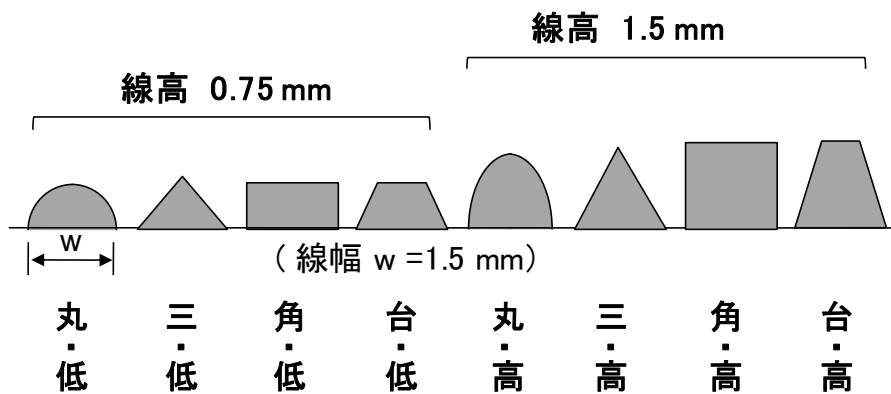


図2-13 浮き上がり文字の断面形状

被験者は、与えられた触覚図形パターンを人差し指で触ってその図形の種類を答えるとともに、触覚的な読みやすさを次の表2-3に示された5段階で答えた。触読時間は最大10秒とした。

表 2-3 触覚図形の読みやすさ評価の段階

読みやすさ評価	評価値
非常に読みやすい	5
やや読みやすい	4
普通(に読める)	3
やや読みづらい	2
非常に読みづらい	1

b) 文字の判読

a) と同様な断面形状の影響を調べる実験を、文字を用いて行う。使用する文字とサイズは以下の通りである。

文字サイズ： 24 mm (正方形の1辺の大きさ)
 文字の種類： 4、5、6、チ、ネ、ヤ (6種類)

被験者は与えられた触覚文字パターンを人差し指で触ってその文字の種類を答えるとともに、触覚的な読みやすさを先の表 2-3 に示された 5 段階で答えた。触読時間は最大 10 秒とした。

c) 断面形状の触り心地の直接的評価

記号や図形の読みやすさとは別に指先での触り心地、すなわち触覚図形に触れた感じの良し悪し、に注目しその評価を計測した。ここでは、痛みやざらざら感、滑らかさ、摩擦など種々の触覚的要因が総合的に評価される。

使用した図形は以下の通りである。

図形の種類： “→”、“5” の 2 種類
 文字サイズ： 16 mm、24 mm (→の場合)、24 mm (5の場合)

被験者は与えられた触覚図形を人差し指で触ってその図形の種類を答えるとともに、触覚図形の触り心地を次の表 2-4 に示された 5 段階で答えた。触れる時間は最大 10 秒とした。

表 2-4 触覚図形の触り心地評価の段階

触り心地評価	評価値
非常に良い	5
良い	4

普通(どちらでもない)	3
悪い	2
非常に悪い	1

(3) 結果と考察

図2-14 (a)～(c) は触覚図形の読みやすさ評価をまとめた結果である。5種類の記号や文字に対する結果が、それぞれの断面形状について平均化されており、図の横軸は8種類の断面形状を示す(略号と断面形状の関係は、図2-13 参照)。

まず、(a) および(b)の図形5種類をサンプルとした断面形状の平均的影響を見ると、高齢者(赤の○)ではほとんど断面形状間の差は見られない。この結果は16 mm サイズより大きい24 mm サイズでも同様である。すなわち丸型でも四角型でも、また他の三角形や台形でも、断面には大きな差はない。全体的に読みやすさの評価としては5段階のうちの評価値4である。これはサイズが十分大きいところから理解できるが、こうした条件では断面形状の差はあまり読みやすさには影響しないと言えよう。

ただし、若齢者では断面の高さが影響していることがデータに表れている。グラフ上の8点のデータのうち、右にプロットされた高い断面の4条件はいずれも左の低い断面形状よりも読みやすさが若干ではあるが高くなっている。16mm サイズの結果(図2-14 (a))では、この傾向がより顕著に表れている。先に実施した同様な実験の結果でも、小さなサイズ(8mm、12mm)では、同様に高い断面形状の方が読みやすいという評価結果が出ている。これらの結果全体を踏まえると、高い断面形状がより読みやすいということができ、次に丸型、台形等の形状の差が出てくる。ここで言う低いあるいは高い断面形状とは、線幅に対して半分または同じという意味であり、必ずしも線幅の対して無制限に高いほど良いという結果ではないことを注意しておく。

図2-14 (c)の文字の判読になると、全体の読みやすさの水準が下がるが、記号で明らかになった点、すなわち高齢者では八つの断面形状にほぼ差は見られないが、若齢者になると断面形状の高い方がより読みやすいという点は同様に表れている。

断面形状の形の影響を見ると、断面の高さが一定の中では特に有意に断面形状の形が読みやすさに影響を及ぼしているものは見られない。すなわち、丸型や三角、四角、台形型の差は、このサイズの浮き上がり文字に関する限り、ほぼ大きな影響はないと思われる。一番単純な図形 “一” においてもほぼ4種の断面形状は同じ評価値を示しているところから、断面形状そのものの影響はあまりないと言えよう。ただし、低い高さにおける台形の形状は比較的低い評価を受けていて、あまり台形が読み易くないと考えられるものの、断面の高いものではそのような傾向がみられていないので、やはり決論として断面形状の差はないか、あっても僅かということになる。なお、触覚図形ごとに分析しても図形間やや差はあるものの、全体的な傾向は前述したものとほぼ同様であることを指摘しておく。

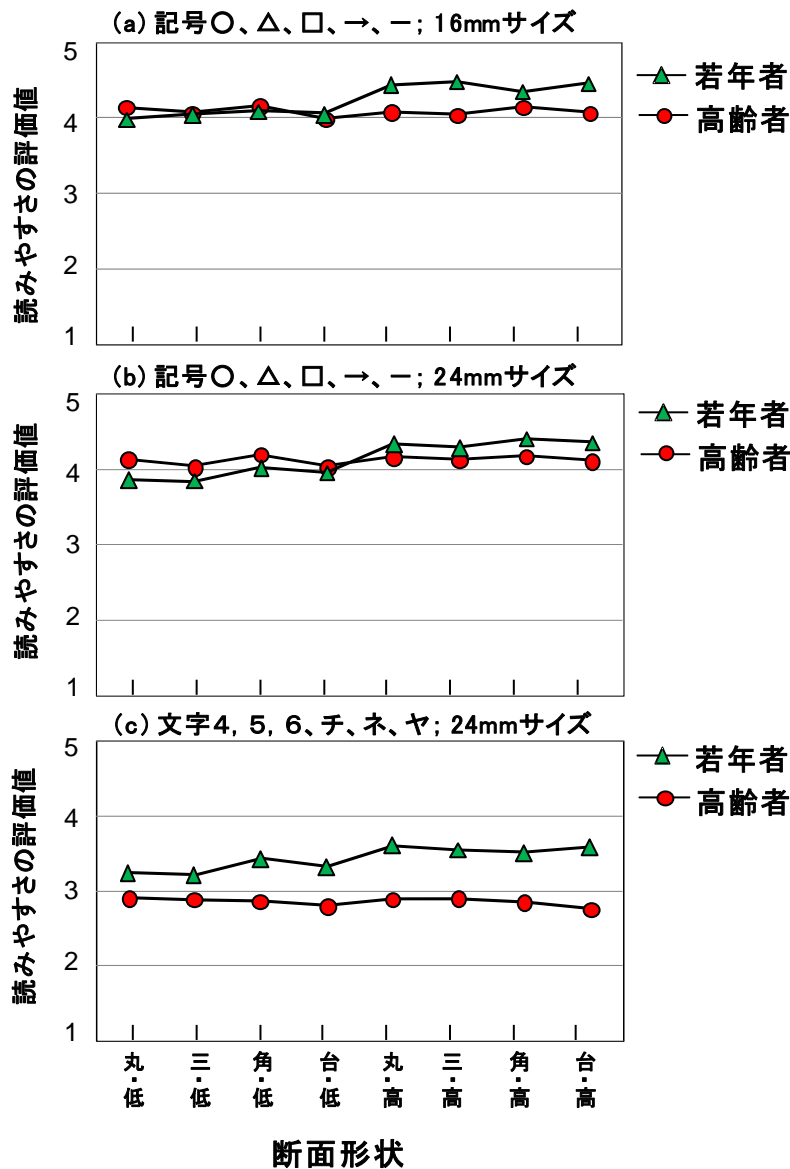


図 2-14 断面形状の異なる浮き上がり図形の読みやすさ評価
 (a) 記号 5 種類、16 mm サイズの場合、(b) 記号 5 種類、24 mm サイズの場合、
 (c) 文字 6 種類、24 mm サイズの場合

しかし、現実の触覚刺激を利用している人の経験では、断面形状は差があるとのことである。そこで、読みやすさとは別に指先で触れた感じの触り心地を調べた実験結果が図 2-15 である。ここでは“触り心地”を 5 段階で評価した結果が表わされている。結果は“→”の 16 mm サイズ、24 mm サイズ、および“5”の 24 mm サイズの 3 種類のサンプルについて平均化されていて、断面形状のより一般的な影響を表わしている。

読みやすさの評価と異なる点は、触り心地評価では、触覚的な痛覚やざらざら感、滑らか

さ、摩擦感など種々の触覚的要因が総合的に評価されている点であり、読みやすさ以外の要因の影響が反映されている。従って得られるデータも異なることが予想された。実際、図2-15の若齢者のデータでは断面形状の評価に大きな差が見られる。高い評価を得ているものは丸型の断面形状である。丸型では高い断面より低い断面の方が評価はやや高いが、高さによらず双方とも他の三角、四角、台形に比べかなり高い評価を得ている。すなわち、丸型が最も触り心地が良い断面ということになる。

逆に評価の低いものは、低い四角型や高い三角、四角、台形となる。興味のある点は、読みやすさ評価では全体として高い断面形状が良いとされていたが、触り心地評価では必ずしもそのような傾向は見え、むしろ高い断面形状は触り心地が悪いと評価されている。

こうした傾向は高齢者の結果でも示されている。高齢者の場合は、全体に断面形状の差は若齢者に比べ圧縮されていて、影響は若齢者ほど大きいとは言えないが、特に高い丸型の断面は他の高低を含めた7種類の断面より明らかに触り心地が良いと判断されている。また、高齢者の場合は、四角形が特別悪いという評価は得ていないが、丸型に比してやや三角、四角、台形はやや触り心地が悪いと判断されている。

すなわち、触り心地に関する限り、いわゆる角のある断面は高齢者や若齢者には好まれず、この傾向は若齢者がより強いということが実験結果から明らかになった。

実際に触覚図形を設計する際には、読みやすさと触り心地は重要である。この二つの面はデータのやや異なるが、少なくとも16mm以上の大きなサイズである限り断面形状の影響は僅かなものと考えられるので、断面形状に関しては触り心地を優先する設計が実用上は推奨できると言えよう。

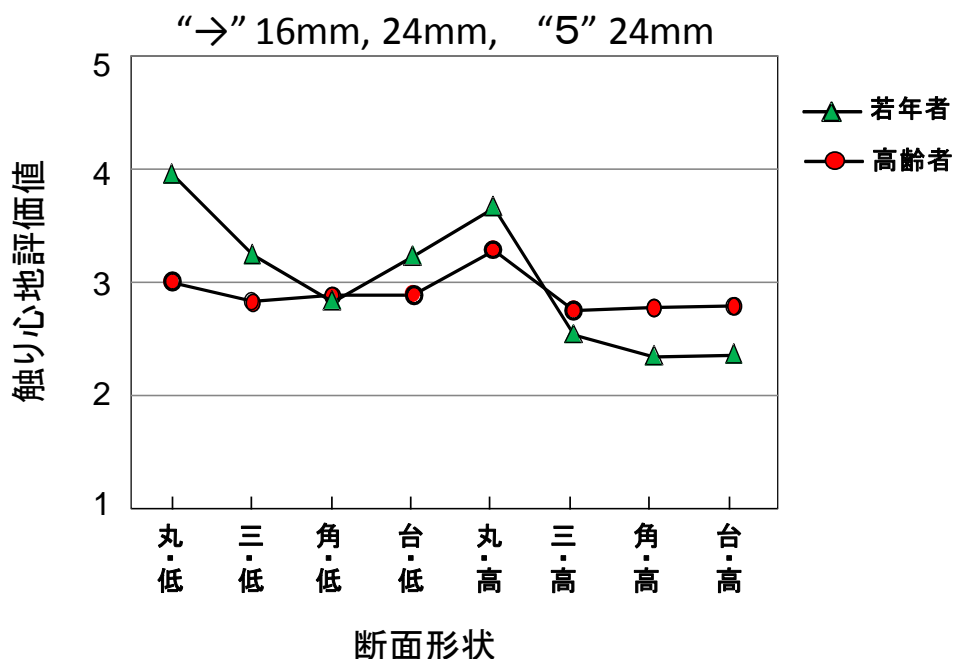


図 2 - 1 5 断面形状の異なる浮き上がり図形 (→、5) の触り心地評価

2. 3. 6 上肢の到達域

(1) 目的

建築空間等のデザインにおいては、立位および座位で手先が届く範囲を把握できる寸法データが必要となる。このデータを提供するため、本実験では、動作計測装置を用いてリーチング動作の動作形態と動作範囲を計測し、それらのデータへの年齢の影響を調べた。

(2) 方法

(2) - 1 計測方法

① 計測装置 : 操作計測装置 (VICON612) およびフォースプレート (KISTLER)

② 計測項目

動作 : 体表に貼付した 34 個のマーカーを 60 Hz で撮影。それぞれの 3 次元位置を動作中に 20~40 秒間撮影記録。

床反力 : 動作中の床反力 (3 軸成分) を 200 Hz で計測。

人体寸法、筋力の測定 : 若齢者、高齢者の基本身体特性である身長、体重、大転子高、脛骨上縁高、外果高 (靴なし)、外果高 (靴あり)、その他 21 箇所の寸法、左右握力、立位前屈量および片足立ち時間 (最大 2 分間)。

③ リーチング動作 (上肢到達域の計測) : 図 2 - 16 参照

a. 垂直面内の動作範囲 : 体正面、斜め 45° および横方向の垂直面内で利き手を挙上位置から最下位置までできるだけ遠く (最大) または楽に動かせる範囲 (快適) で移動させる。

b. 水平面内の動作範囲 : 体正面に突き出した利き手を右に止る位置まで回す。次にその手を戻し、体正面を通過し、左に回し、止まる位置から戻す。上肢はできるだけ遠く (最大) または楽に動かせる範囲 (快適) で移動させる。

* a、b の各動作を立位および座位でそれぞれ 5 回行った。座位での計測における椅子座面高については、下肢を垂直に保って座ったときの膝蓋骨下端高とほぼ同じ高さに設定した。

④ 被験者の構成

高齢男女合計 30 名を対象に計測を行った。詳細は次の通りであった。

高齢者 : 14 名 (男性 12 名、女性 2 名)、60~77 才、身長 151.2~181.1 cm

若齢者 : 16 名 (男性 12 名、女性 4 名)、18~24 才、身長 152.5~186.3 cm

(2) - 2 解析方法

動作条件毎に到達範囲、前方と側方の最大到達距離、角度ごとの到達距離を算出した。立位における到達距離の算出では、両踵マーカー位置の midpoint を基準とした。座位の場合に

は骨盤最後部マーカー位置を基準とした。姿勢や柔軟性の影響を見るため、到達距離を身長で規格化して到達範囲、前方と側方の最大到達距離を調べた。

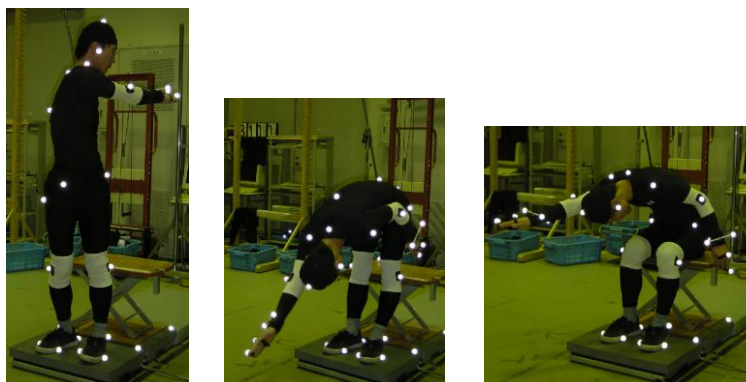


図 2-16 リーチング動作を計測中の被験者

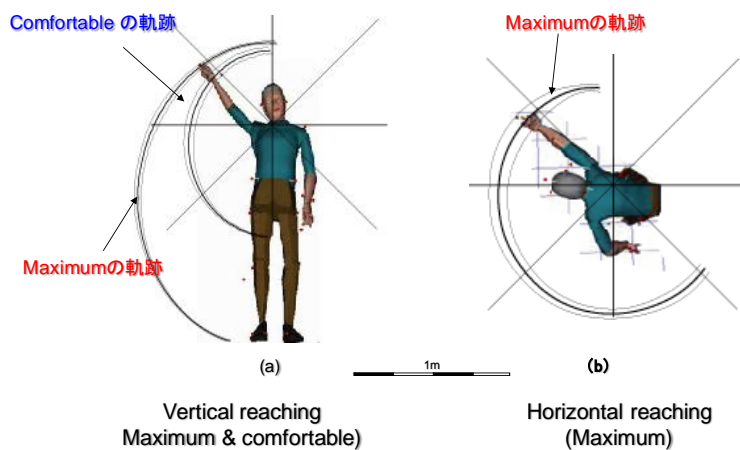


図 2-17 垂直および水平面内でのリーチング動作における指先の軌跡

(cm) 立位前方45度垂直面: 快適

立位前方45度垂直面: 最大

到達距離

$$r=0.820 \quad p<0.01$$

$$r=0.767 \quad p<0.01$$

身長 (cm)

身長 (cm)

図 2-18 立位前方 45 度垂直面内での最大到達距離と身長との関係
(右) 最大努力、(左) 快適努力

表 2-5 種々の動作条件下での最大到達距離における若齢者と高齢者との比較
(到達距離を身長で規格化した値)

		若年者		高齢者		
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
立位	前後垂直面:最大	0.6807	0.0295	0.6527	0.0356	p<0.05
	前方45度垂直面:最大	0.6627	0.0384	0.634	0.0347	p<0.05
	左右垂直面:最大	0.6064	0.0323	0.5757	0.349	p<0.05
	前後垂直面:快適	0.5151	0.0171	0.5068	0.0205	n.s.
	前方45度垂直面:快適	0.5261	0.014	0.5135	0.021	n.s.
	左右垂直面:快適	0.5025	0.0145	0.4975	0.0221	n.s.
	水平面:最大	0.6921	0.0299	0.6761	0.0296	n.s.
	水平面:最適	0.5483	0.0234	0.558	0.032	n.s.
座位	前後垂直面:最大	0.7502	0.0354	0.7194	0.0417	p<0.05
	前方45度垂直面:最大	0.7065	0.035	0.6691	0.0555	p<0.05
	左右垂直面:最大	0.5993	0.0204	0.5918	0.0417	n.s.
	前後垂直面:快適	0.5235	0.0291	0.505	0.0223	n.s.
	前方45度垂直面:快適	0.5322	0.0193	0.5173	0.0211	n.s.
	左右垂直面:快適	0.4987	0.0213	0.4945	0.0229	n.s.
	水平面:最大	0.7074	0.0301	0.6859	0.0459	n.s.
	水平面:最適	0.5515	0.0294	0.5548	0.034	n.s.

表 2-6 握力、片足立ち、体前屈における若齢者と高齢者との比較

項目		N	平均値	標準偏差	有意性
握力 (Kg)	若年者	16	36.9	8.5	n. s.
	高齢者	14	30.8	8.2	
片足立ち (秒)	若年者	16	112.6	5.6	p<0.01
	高齢者	14	81.1	46.2	
体前屈 (cm)	若年者	16	6.4	8.8	n. s.
	高齢者	14	-0.2	10.5	

(3) 結果および考察

図 2-17 は立位でのリーチング動作による上肢到達域を垂直面内 (正面図 (a)) および水平面内 (上面図 (b)) の動作において、最大努力の場合と最適努力の場合に得られる指先の軌跡を示す。

また図 2-18 は立位前方 45 度垂直面内での最大到達距離と身長との関係を示したものである。このグラフについては男女の若齢者、高齢者を含む全被験者の値を用いて算出した。図から、最大努力による到達距離、快適努力による到達距離とも、身長との相関が非常に高かった (相関係数 0.7 以上)。この傾向は、他の垂直面や水平面、座位での到達距離においても見られた。しかし、年齢と身長との間に明確な相関はなかった。従って、到達距離は主に人体寸法、特に身長に依存すると考えられる。高齢者と若齢者における姿勢や柔軟性、平衡機能等の体力的要因違いが到達距離におよぼす影響を明らかにするには、到達距離を身長で規格化しておくことが必要であろう。

表 2-5 は種々の動作条件下での最大到達距離における若齢者と高齢者とを比較したものである。身長で規格化するため、この表の到達距離の値は身長との比として求めている。この表から、いくつかの最大努力での最大到達距離は若齢者が高齢者に比べて大きくなっていることがわかる。一方、表 2-6 は握力、片足立ち、体前屈における若齢者と高齢者とを比較したものである。握力や柔軟性に明確な違いは見られなかったが、平衡機能（片足立ち）は高齢者で有意に落ちていることがわかる。したがって、明確には言えないが、この違いは若齢者と高齢者との間の平衡機能の違いに関係する可能性がある。

(4) 結論

高齢者および若齢者の上肢到達範囲を計測した。得られたデータを検討し、次の知見が得られた：①到達距離と身長との間には高い正の相関がある、②身長の影響を取り除いても、最大努力での到達距離は高齢者に比べて若齢者で大きかった、③体力要因のうち、平衡機能のみで高齢者と若齢者の間に差が見られたことから、高齢者と若齢者との間の到達距離の違いに平衡機能が関係する可能性があると考えられた。

これらの点を踏まえ、国際標準として適正な数値やその表現方法を工夫し、今後、到達距離関連の規格数値として反映させていく予定である。

2. 3. 7 生活活動に関するアンケート

(1) 目的と計測手法

実験に参加した高齢被験者の現在の健康状態、既往症、日常生活における活動性を把握するため、それぞれの項目について質問事項を用意してアンケートを行った。これにより、被験者の個人的属性を把握するとともに、得られた人間特性データの信頼性の参考データとした。

健康状態、既往症については、視覚、聴覚、触覚、それぞれについてたとえば眼疾患の有無や、手術経歴などをチェックし、高齢による正常な機能低下以外に、医学的な疾患による機能低下が認められた場合は全体の集計には加えず、別途参考データとした。

日常生活における活動性については、米国で開発された IADL (Instrumental Activity of Daily Living、手段的日常生活動作) という調査方法があり、一般的に用いられているものである。さらに米国の IADL アンケートをもとに東京都老人総合研究所が開発した老研式活動能力指標も一般的に用いられている。他の文献上のデータとの比較検討を可能とするため、これら 2 種のアンケートを被験者に適用して日常の活動性を把握した。

(2) 結果

図 2-19 は老研式アンケート調査を高齢者 48 名に適用した結果である。これは、アンケートの 13 項目に対して「はい」と答えた数のヒストグラムであり、合計得点が高いほど活動性が高いことを示す。濃いグレーの棒グラフは男性(計 32 名)、薄いグレーの棒グラフ

は女性(計 16 名)である。男女間に絶対数の違いはあるものの、多く(約 77%)の被験者が 11 点に以上である。今回参加された被験者は全体的に活動が高く、健康な高齢者を対象とする今回の実験には適切な被験者であったと言える。

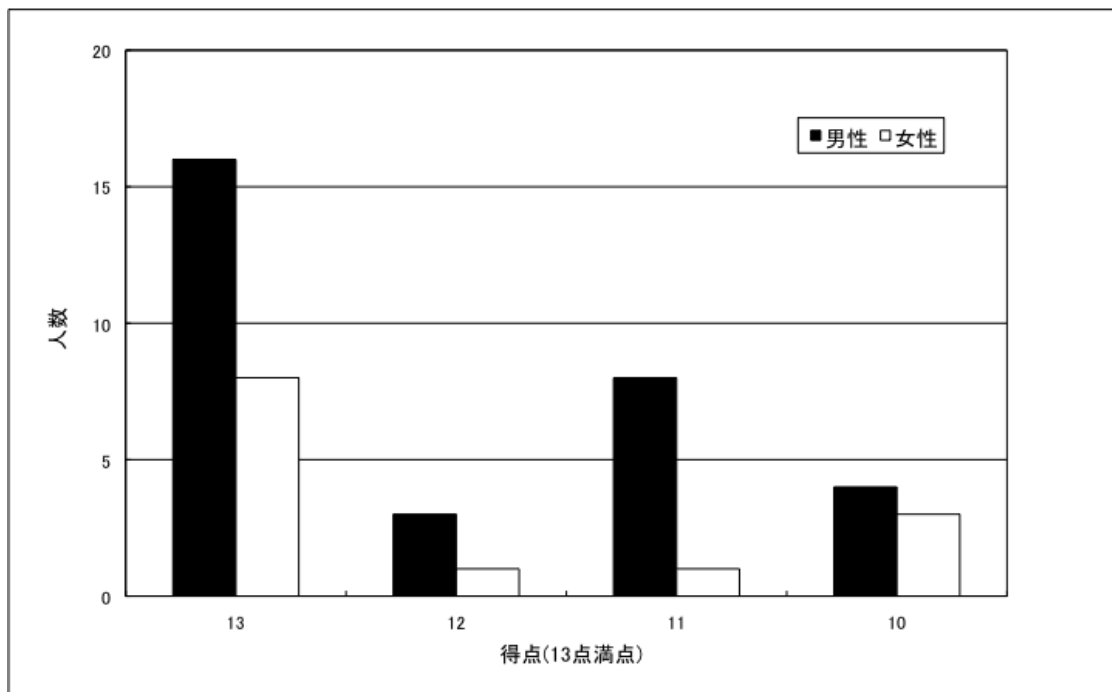


図 2 - 1 9 高齢被験者における老研式活動能力指標の結果

第3章 人間特性国際比較データの収集

3. 概要

人間特性に基づいてアクセシブルデザインの体系的国際規格を開発する上で重要な点は、基盤となる人間特性のデータを国や地域間で偏りなく収集することである。体格の差、環境の差、さらに教育・文化の差など、データに影響を及ぼす要因は様々に考えられるが、これらの要因を把握し、それを踏まえて共通基盤となる技術内容を包含することが要求される。このため本プロジェクトでは、開発を目指す国際規格の基になる感覚系や身体系の人間特性に関して、世界の主要な国において同一の実験環境、同一のサンプルでを使用してデータを収集し、国や人種によってこれらの要因にどのように影響を受けるかについて、定量的な検討を行った。

すでに本プロジェクトに先立って平成 18 年度から 20 年度に、主要な人間特性データを欧州・米国・アジア地域のそれぞれ一部の国においてデータ収集してきた。その結果、人間特性によっては国や人種の差が大きく現れることを確認している。この結果を踏まえ、これまで対象としていない国や地域にさらに同様なデータ収集を拡大し、より国際的に信頼性のあるデータベースを作成することとした。

本プロジェクトの初年度（平成 21 年度）では、まずアジア地域に限定し中国、及びタイにおいて、それぞれ言語・触覚・視覚・それぞれに関する人間特性データを収集した。

3. 1 目的

アクセシブルデザインの重要な技術課題の中に、視覚障害者のための音声情報の提示や触覚情報表示に関するデザイン技術がある。音声案内は公共空間等にて多用されているにも拘わらず、視覚障害者はもちろん、高齢者や聴力の衰えた人々に対する適正な音圧レベル等の設計に関する国際的指針はない。産業技術総合研究所（産総研）ではすでに日本語を用いて音声の聴取に関するデータを収集しているが、他の国の異なる言語による音声の聴取特性や聞き取りやすさの比較検討は国際規格化には欠かせない。

また、触覚情報として、近年エレベータ等では実際の文字の形を模った浮き上がり図形が用いられている。これらの触覚パターンの最適なサイズを設計指針として決定することは、アクセシブルデザインの一要素として重要である。触覚の感度は、身体の大きさ等によって異なり、さらに加齢による感度低下の影響も大きい。

一方、視覚情報が急速に増加している現代では、視覚表示物のアクセシブルデザインも極めて重要な課題の一つである。その中でも、適切な文字サイズと色の組み合わせは加齢による影響が大きく、高齢者が見にくさの不便さを訴える要因として常に指摘されている。文字は国により異なり、それぞれに読みやすい文字サイズが考えられる。一方で、視覚機能の生理特性から決まる共通の要素もあり、それらを踏まえて国際的に通用する適切な文字サイズを検討することが必要である。また、色の知覚も生理的側面と文化的側面があることから国際比較は重要であり、両者を考慮して見やすい色の組み合わせが可能となる。

これらの触覚や色覚の課題は、近い将来のアクセシブルデザインの規格原案として有力

である。そのためにも、これらの規格に関する国際的な人間特性の比較検討は急務と言える。産総研はすでに欧米の一部においてデータを収集しているため、本研究開発では主としてアジア地域におけるデータ収集を計画した。

データを収集した研究機関と測定項目は、以下の通りである。

- 中国標準化研究院 (China National Institute of Standardization, CNIS)
 - (1) 中国における音声案内の聴き取りやすさ
 - (2) 中国における触覚記号の図形認識特性
- タイ電子コンピュータ技術センター (National Electronics and Computer Technology Center, NECTEC)
 - (1) タイ語文字の可読性の計測
 - (2) タイ国における基本色領域の計測

両機関とも実験データ収集に関する契約書（データ収集に関する役務契約）を結び、実験サンプル及び実験に係る費用（被験者費等）は産総研より提供した。準備は平成 21 年 10 月より進め、数回の打ち合わせ等を経て、平成 22 年 1 月に契約書を取り交わした。実験は、平成 22 年 2 月から 3 月にかけて行った。

各機関と取り交わした契約書の仕様書（和文のみ掲載）は以下の通り。

仕様書（中国、CNIS）

1. 件名

中国における音声案内の聴き取りやすさ及び触覚記号の図形認識特性に関する人間特性データ収集

2. 研究の概要

産総研では基準認証研究開発委託事業（国際標準共同研究開発事業：アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化、平成 21 年度から 3 年間のプロジェクト）においてアクセシブルデザイン技術に関する国際規格化を実施している。本研究開発では、感覚機能、身体機能、および認識機能における人間特性のデータを踏まえて、高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した製品やサービス、環境作りに関する規格原案を作成し、国際標準化機構に提案する。このため、人種・文化による人間特性データの国際比較を行い、その国や地域の依存性を検討する。

3. 作業概要

本データ収集作業では、アジア地区の人間特性国際比較として、中国における音声

案内の聴き取りやすさおよび触覚記号の図形認識特性に関する人間特性データ収集し、日本及び他国における同様なデータと比較してアクセシブルデザイン規格開発の基盤データとする。

4. 作業項目

中国人の高齢者及び若年者それぞれ 15 名以上の被験者について、下記の人間特性に関する心理評価実験を行い、そのデータを収集し記録する。

- 1) 一定の雑音マスキングの中で、音声案内サンプルの音量提示レベルを変えたものの聴き取りやすさの主観評価データ収集、及び同様な観測条件における純音聴力検査データ収集
- 2) 触覚の基本的な空間分解能に関するデータ収集、及び大きさの違う触覚記号の読み取り特性に関するデータ収集

5. 作業項目別仕様内容

添付書類に別途記載。

6. 貸与（支給）品

- 1) 中国における音声案内の聴き取りやすさ実験
スピーカー（富士通テン株式会社製、TD510）
- 2) 触覚記号の認識特性実験
 1. JVP ドーム（産総研製）：溝幅 0.5～5.0mm 10 種類 材質 アクリル
 2. 触覚図形（産総研製）：記号と数字 各 5 種類（5 段階サイズ）
計 10 種類 50 枚、材質 熱硬化性樹脂制

7. 作業完了の確認方法

データを収録した CD または同等の記録媒体の納品により確認

8. 成果（納品）物

データを収録した CD または同等の記録媒体

9. 納入（履行）期限及び納入（履行）場所

納入（履行）期限：平成 22 年 2 月 20 日

納入（履行）場所：独立行政法人産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門、茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 6

10. 付帯事項

- ・本仕様書の技術的内容及び知り得た情報に関しては、守秘義務を負うものとする。
- ・本仕様書の技術的内容に関しては、要求担当者の指示に従うこと。また、本仕様書に定めのない事項及び疑義が生じた場合は、要求担当者との協議のうえ決定する。

添付書類（3. 2 節に記載）

- A: 実験条件及び手順: 中国における音声案内の聴き取りやすさ
 B: 実験条件及び手順: 中国における触覚記号の図形認識特性

仕様書（タイ、NECTEC）

1. 件名

タイ語文字における可読性及びタイ国における基本色領域に関する人間特性データ収集

2. 研究の概要

産総研では基準認証研究開発委託事業（国際標準共同研究開発事業：アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化、平成 21 年度から 3 年間のプロジェクト）においてアクセシブルデザイン技術に関する国際規格化を実施している。本研究開発では、感覚機能、身体機能、および認識機能における人間特性のデータを踏まえて、高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した製品やサービス、環境作りに関する規格原案を作成し、国際標準化機構に提案する。このため、人種・文化による人間特性データの国際比較を行い、その国や地域の依存性を検討する。

3. 作業概要

本データ収集作業では、アジア地区の人間特性国際比較として、タイ語文字における可読性及びタイ国における基本色領域に関する人間特性データを収集し、日本及び他国における同様なデータと比較してアクセシブルデザイン規格開発の基盤データとする。

4. 作業項目

タイ人の高齢者及び若年者それぞれ 15 名以上の被験者について、下記の人間特性に関する心理評価実験を行い、そのデータを収集し記録する。

- 1) 様々なサイズのタイ語文字の可読性主観評価データ収集、及び同様な観測条件

における視力データ収集

- 2) マンセル色空間における基本色 13 色に対する類似性領域の計測データ、及び同様な観測条件における石原式色覚検査データ収集

5. 作業項目別仕様内容
添付書類に別途記載。

6. 貸与（支給）品

- 1) 可読性評価実験

タイ語及び数字文字シート一式（タイ語及びアラビア数字印刷カード 60 枚）及び視力票

- 2) 基本色領域計測実験

マンセル色票一式（参照色 13 色、テスト色 200 色）、及び石原式色覚検査票

7. 作業完了の確認方法

データを収録した CD または同等の記録媒体の納品により確認

8. 成果（納品）物

データを収録した CD または同等の記録媒体

9. 納入（履行）期限及び納入（履行）場所

納入（履行）期限：平成 22 年 2 月 20 日

納入（履行）場所：独立行政法人産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門、
茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 6

10. 付帯事項

- ・本仕様書の技術的内容及び知り得た情報に関しては、守秘義務を負うものとする。
- ・本仕様書の技術的内容に関しては、要求担当者の指示に従うこと。また、本仕様書に定めのない事項及び疑義が生じた場合は、要求担当者との協議のうえ決定する。

添付書類（3. 2 節に記載）

A: 実験条件及び手順： タイ語文字の可読性の計測

B: 実験条件及び手順： タイ国における基本色領域の計測

3. 2 国際比較データ収集の基本仕様とデータ

3. 2. 1 中国における音声案内の聴き取りやすさ (CNIS、中国)

実験手順 (中国、契約書添付 A を転載)

実験条件及び手順: 中国における音声案内の聴き取りやすさ

1. 目的

家電製品などの多くの消費生活製品はその製品の使いやすさやアクセシビリティをよくするためにヒューマン・マシン・インターフェースとして音声案内を採用している。音声案内は公共機関で広く使われており、その空間を利用する全ての人を対象となる。音声案内はわかりやすくなければ意味がない。

この実験の目的は環境騒音の中で分かり易く聴き取りやすい音声案内の音量揭示レベルを決定することにある。ここで言っている製品や環境とは専門家ではなく一般消費者向けに、なおかつ訓練を要せず日常生活で使うことを目的として作られるものである。この実験で得られた中国のデータはアジア地区の人間特性国際比較として、音声案内の音量揭示レベルのアクセシブルデザイン規格開発の基盤データとする。

2. 被験者

以下のように二つのグループを作る。

1. 中国人の二十代の若者
2. 中国人の六十歳以上のお年寄り

各グループの人数は 15~20 人で男女の割合はバランスが取れているのが望ましい。各世代にふさわしい聴覚であること。場合により純音聴力検査を施すこともある。

3. 方法

3.1. 音声案内サンプル

一定の雑音マスキングの中で、音声案内サンプルの音量揭示レベルを変えたものを用意する。音声案内サンプルは録音スタジオでアナウンスの訓練を受けた男性と女性により発声された声を録音する。

以下の文章が実験で使われる

English : “ The next word is < target word > , write that down.”

中国語 : 下面的单词是< target word >。请记上。

被験者に< target word >を聴き取ってもらい、それを回答用紙に書いてもらう。同時にその文章の聞きやすさを評価してもらう。男性と女性によりそれぞれ 96 種の言葉があるので、合計 192 個となる。

本実験では、まず、無響音室にて 100Hz から 10kHz の周波域で音響測定できる B&K マイクを使用し、男性と女性の声を記録してもらう。最低 16 ビットのデジタル解像度と、44.1kHz 以上のサンプリング周波数で行う。200 以上の中国語の単語は産総研から提示する。産総研は記録され編集された音声資料を調整して再生できるような形で提供する。

3.2. 再生装置

PC 上でのソフトウェアで再生する。

被験者には防音された響かない実験室でスピーカーを通して聞いてもらう。

3.3. 音量設定

規定の音量に調整する。

3.4. 手順

- 1) 被験者ははじめにこの実験の目的について以下の説明を受ける。
電化製品などの消費生活製品、車のナビや公共の場の放送にはその製品やその場の使い勝手やアクセシビリティを向上させるために音声案内が使われている。この実験によりそれぞれの目的にあった音声案内の音量を決定することができる。
- 2) 次に被験者は音声案内聞き取りの答え方について以下のように説明を受ける。

背景騒音の中でいろいろな音量で提示される以下の文章（例は英語）を聞く。

“The next word is <TARGET WORD>, write that down.” それぞれの音声案内を聞いたら、聴いたと思う<TARGET WORD>を回答用紙の適切なところを書く。

- 3) 次に被験者は聞き取りにくさの評価指数の答え方について以下のように説明を受ける。回答用紙の次の欄にある回答欄に聞き取りにくさを評価する番号を記入する。番号と評価語の対応は次のようになっている。

1. 聞き取りにくくない
2. やや聞き取りにくい
3. 聞き取りにくい
4. 大変聞き取りにくい

- 4) 回答例 被験者が音声案内を聴いて“RAT”と答え、課題の音声案内を聞き取るのがとても難しいと思った場合の回答である。

No. X RAT

4

5) 書き終えた後にキーパッドの Enter キーを押すと次の単語が提示される。

6) 以上を 192 単語について休憩を取りながら繰り返し行う。

4. 提出物

実験終了後、回答用紙 1) および、PDF ファイル 2)、Excel ファイル 3) と 4) を CD に焼いたものを産総研に提出すること。

- 1) 回答用紙全部(添付 C 参照)
- 2) 回答済み回答用紙をスキャンして PDF ファイルにしたもの(PDF 以外ではビットマップ、JPEG, TIFF 形式などのデジタルイメージファイルにしたもの)
- 3) 実験結果の回答はすべて Excel ファイルに記入して、データ用 CD に入れる。
- 4) Excel ファイルにした報告書(添付 B 参照)

5. 安全性

この実験により耳や体のほかの部分のをいためることはない。この実験により、耳が疲れることおよび体に負担がかかることはない。

6. 守秘義務

この実験で得たいかなるデータやまた患者の属性に関して守秘義務がある。

結果

1) 被験者

実験に参加した被験者は、北京市内および郊外に居住する中国語を母国語とする者であった。

若齢被験者の年齢は 22 歳から 30 歳までであり、平均年齢は 25.2 歳であった。自己申告による健康状態及び聴覚の異常は認められなかった。また、確認のためにスピーカーを用いた簡単な聴力検査を行ったところ、500Hz、1kHz、2kHz、4kHz の平均聴力は 2.5dBHL から 12.5dBHL に分布し、平均値は 5.3dBHL であった。

高齢被験者は全て男性であり、年齢は 58 歳から 67 歳であった。若齢者同様に測定した平均聴力は、年齢順に 25dBHL か 31dBHL であった。

2) 実験設備

実験は、中国標準化研究院人間工学実験棟無響室において行った。実験室の暗騒音レベルは 17.3 dBA であり、十分静かであった。

音声の提示レベルおよび単語の順番をランダム化するために実験用のソフトウェアを

用いて、PCより音声刺激を再生した。PCから再生された音声信号はUSBオーディオインターフェイス（ローランド製 UA101）においてDA変換され、アンプにて信号を増幅した後、スピーカー（富士通テン TD510）より提示した。スピーカーから受聴者の頭中心までの距離は2.5mであった。

同一のPCにてAdobe Audition 1.5を用いて無相関なHothスペクトルノイズを背景騒音として再生した。PCにより再生された信号はPCMCIAオーディオインターフェイス（VXPocket）によりDA変換され、スピーカーの周波数特性を補正するためにイコライザ（ベリンガー DEQ2496）を通り、アンプにて増幅された後、被験者から2.5m、音声用スピーカーから左右に1.3m離れたところに位置したPA用の大型スピーカーから提示された。

オクターブバンド分析器付き騒音計（B&K 2250）により測定された背景騒音（HothNoise）と実験室の暗騒音（BGN）を図3-1に示す。

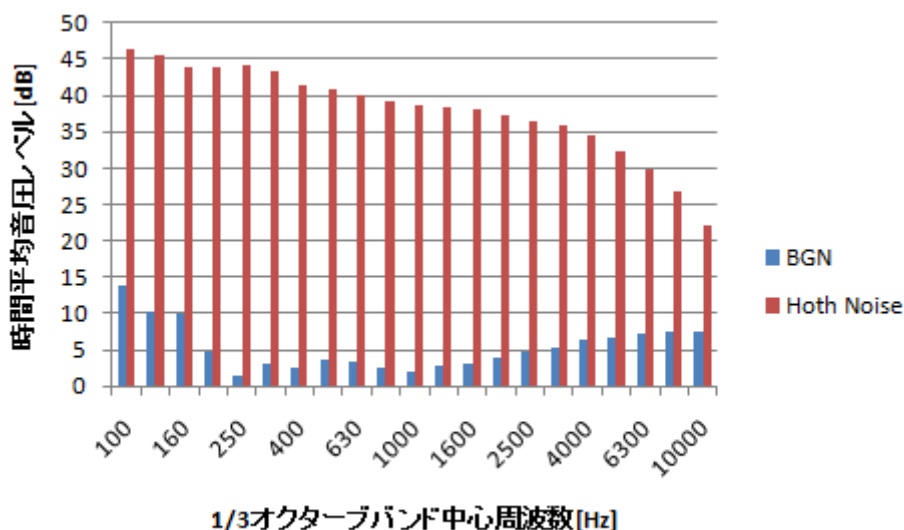


図3-1 実験に用いた背景騒音（HothNoise）および実験室の背景騒音（BGN）の1/3オクターブバンド時間平均音圧レベル

3) 若齢者と高齢者の結果比較

図3-2に若齢者による結果を、図3-3に高齢者による結果を、それぞれ平均値で示す。

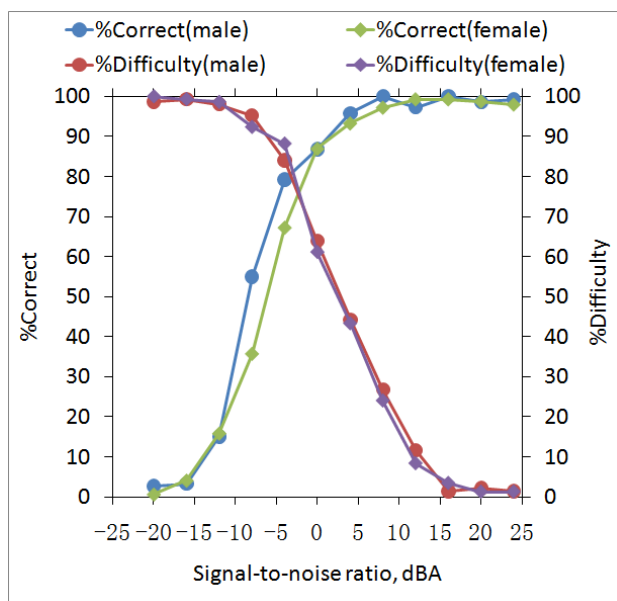


図 3-2 若齢者の結果

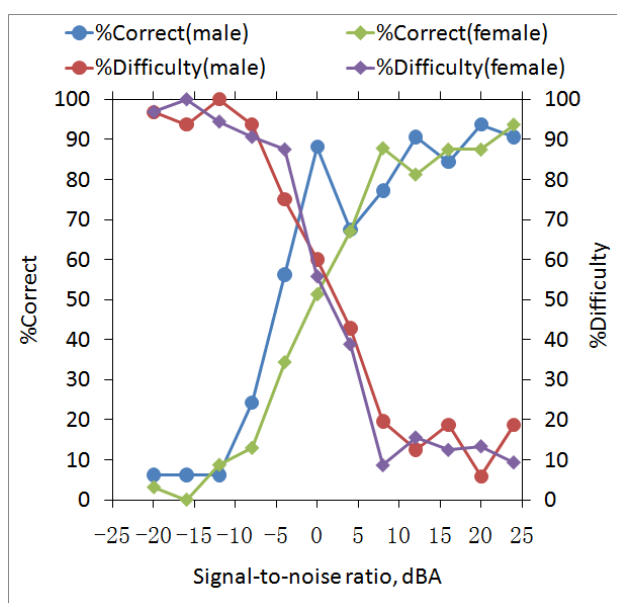


図 3-3 高齢者の結果

図 3-2 および図 3-3 より、若齢者よりも高齢者の方が単語理解度 (%Correct) の値が高く、高齢者の音声認識成績が若齢者に比べて低いことがわかる。聞き取りにくさ (%Difficulty) に関しては若齢者と高齢者に大きな違いは見られないが、高齢者のある一定の割合の被験者については常に聞き取りにくいと感じている。このような結果は、特に聴力低下の度合いが大きい被験者にみられることが、日本における実験結果よりわかっている。なお、発話者の性別による違いは若齢者の場合は大きくはないが、高齢者の単語了

解度では男声に対する聴取成績が女声よい。これは高齢者の高音域の聴力低下が原因である。若齢者と高齢者の差はSN比で5 dB程度であり、これは高齢者が5 dB大きな音量の音声を示している。この結果は日本語による実験結果と同様である。

ほぼ同一の装置等を用いて日本語の単語により産総研において計測された若齢者の日本のデータと、今回中国語を用いて中国において測定されたデータを比較する。日本におけるデータは14人の結果であり、平均年齢22歳、ヘッドホンによる聴力検査で求めた平均聴力は2.2 dBHLであった。図3-4に中国の結果と日本の結果をあわせて示す。なお、データは男声および女声を用いた試験結果に大きな差がなかったことから両者を平均して示す。

図3-4より単語了解度(%Correct)および聴き取りにくさ(%Difficulty)の双方について日中の結果が良く一致することがわかる。

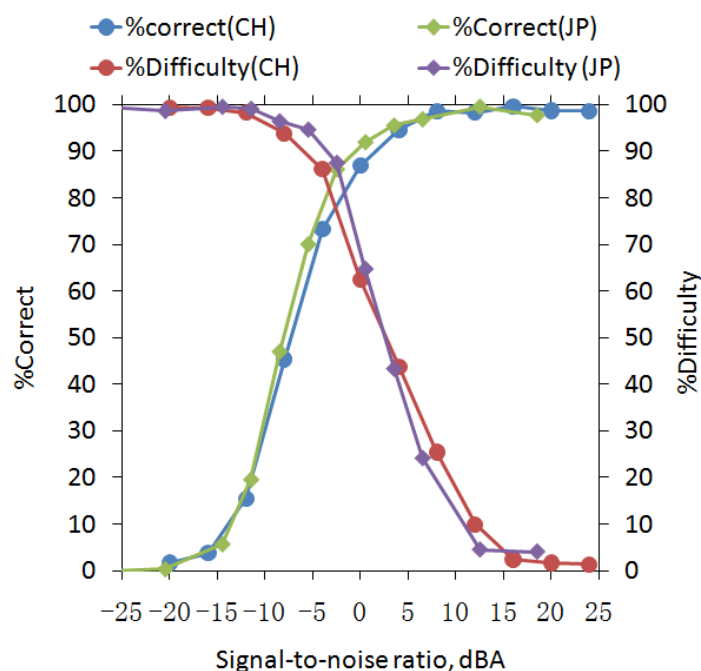


図3-4 中国(CH)と日本(JP)の結果の比較 (音声性別及び被験者間の平均値)

3. 2. 2 中国における触覚記号の図形認識特性 (CNIS、中国)

実験手順 (中国、契約書添付Bを転載)

=====

実験条件及び手順: 中国における触覚記号の図形認識特性

1. 目的

触覚は視覚に障害のある人には有効な情報のひとつである。触覚の記号や標識は広く使われているにもかかわらず、触覚記号の大きさに関するデザインガイドがないために望ましい触覚図形の大きさが決められていない。触覚図形の大きさは、人間の触覚の空間識別特性を基に決定されるべきである。また、加齢が及ぼす影響も考慮する必要がある。

本実験では触覚の基本的な空間分解能の計測と、大きさの違う触覚図形の読み取り特性に関するデータを収集する。

この実験により、アジア地区の人間特性国際比較として、中国でデータを収集してこれらの国際比較を通じて、視覚に障害のある人が使う触覚記号に関するアクセシブルデザイン規格開発の基盤データとする。

2. 方法

2.1 実験 1: 触覚空間分解能

図1のように異なった幅の溝が掘られた触覚刺激素子を用意する。実験者が被験者の右手人差し指の表面に指の方向に従って、溝を縦方向と横方向にこの器具を押し当てる。被験者に溝が感じられた方向を答えてもらう。この試行は、正解率を得るために同じ溝幅の素子で最低10回は続けられる。異なった幅の溝が掘られた触覚刺激素子を使って同様な実験を行い、閾値として75%の正解率が求められるまで、広い溝幅から細い溝幅まで実験を行う。



図1 触覚刺激素子 (左図の単位はmm)

2.2 実験 2: 触覚記号の識別

5通りの大きさの凸型の記号と数字を用意する(図2参照)。図2にあるような合計10種類の図形からランダムに図形を選ぶ。次に被験者に人差し指で触ってもらい、どの図形か答えてもらう。実験では触覚のみで行い、触れる図形は視覚では見えないようにしてある。

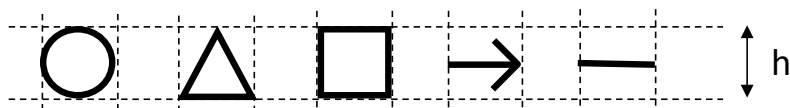
一つの図形には5段階のサイズがあり、サイズもランダムに選択して実験を続ける。図形を触る時間は10秒以内に限定する。被験者は10種類の答えから選んで答えて良い。

■ Tactile symbols (5 patterns x 5 sizes = 25 pieces)

Size (symbol height; h) : 4, 8, 12, 16, 24 mm

raised height : 0.75mm

line width : 0.75mm



■ Numbers (5 letters x 5 size = 25 pieces)

font type: Arial

size (letter height; h) : 4, 8, 12, 16, 24 mm

raised height : 0.75mm

line width : 0.75mm

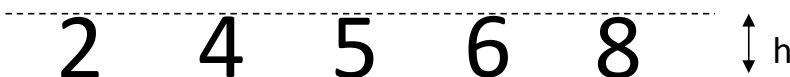


図2 実験で使用する触覚記号と数字

3. 被験者

以下のように二つのグループを作る。

(a) 中国人の二十代の若年者

(b) 中国人の六十歳以上の高齢者

各グループの人数は最低 15 人で男女の割合はバランスが取れているのが望ましい。触覚が正常であることが望ましい。

4. 提出物

データはすべて各記号と数字ごとに表した正答率の統計データにまとめる。実験データを含むデータファイルは本研究所の実験担当者に送る。

5. 安全性

この実験により、体の部位への生理的悪影響はない。この実験により、筋肉疲労・負担等がかかることはない。

6. 守秘義務

この実験で得たいかなるデータやまた患者の属性に関して守秘義務を守る必要がある。

=====

結果 (別紙)

3. 2. 3 タイ語文字の可読性の計測 (NECTEC、タイ国)

■実験手順 (タイ、契約書添付 A を転載)

=====

実験条件及び手順: タイ語文字における可読性

1. 目的

視覚標識や製品のラベルが読み取れる大きさであることはとても大事である。文字のサイズは読み取れる文字の種類と同じように周囲の条件や年齢によって違いの出る人間特性の視覚機能を左右するものである。この実験により、アジア地区の人間特性国際比較として、タイ語文字における可読性に関する人間特性データを収集し、日本及び他国における同様なデータと比較してクセシブルデザイン規格開発の基盤データとする。

2. 方法

下記 2 種類の測定をする。

1) 視力

視力票使用

2) タイ語文字における可読性

タイ語及び数字文字シート一式 (タイ語及びアラビア数字印刷カード 60 枚)
使用

3. 手順

1) 視力測定 (眼鏡使用の場合は眼鏡を使用して測定)

2) タイ語可読文字サイズ測定

(1) テストシートに書いてあるタイ語文字と数字を被験者に読んでもらう。全部で 120 回 (枚)

(2) 上記判読テストのそれぞれについて、読みやすさの主観評価を、[1]非常に読みづらい、[2]読みづらい、[3]どちらでもない、[4]読みやすい、[5]非常に読みやすい、のどれに該当するかを評価してもらう (5段階評価による直接評価)。

4. 被験者

以下のように二つの年齢グループを構成し、それぞれにおいてデータを収集する。

1) タイ人の二十代の若者

2) タイ人の六十歳以上のお年寄り

視覚障害者でないこと。眼鏡やコンタクトレンズ使用の場合は矯正した状態で測定。各グループの人数は 15~20 人で男女の割合はバランスが取れているのが望ましい。

5. 実験条件

次の条件の下で実験を行う。

- 1) 表面照度レベル： 300～500 ルックス
- 2) 測定距離：0.5 m、2 m
- 3) 白紙(12x14cm)に四つの黒文字を印刷したもの 60 枚の判読
- 4) 文字の種類：タイ文字及びアラビア数字
- 5) フォントの種類：Angsana UPC, Tahoma, Century, Arial
- 6) 文字の大きさ：10 種類 (2, 4, 8, 14, 22, 32, 44, 60, 84, 114 ポイント)

ト)

- 7) 実験回数：2 種類を 120 回(枚)：
 - a) 文字を読む
 - b) 読みやすさを 5 段階で評価する。
テストシート 1 枚(4 文字)x 文字の大きさ 10 種類 x 2 タイプ x 3 種類 x 測定位置 2 箇所=120 回
- 8) 全所要時間：教示・休憩を含め最大 1 時間程度

6. 安全性

この実験により、眼や体のほかの部位への生理的悪影響はない。この実験により、過度の眼精疲労や筋肉疲労・負担等がかかるとはならない。

7. 守秘義務

この実験で得たいかなるデータ及び被験者の属性に関しても守秘義務を守る必要がある。

=====

結果 (別紙)

3. 2. 4 タイ国における基本色領域の計測 (NECTEC、タイ国)

実験仕様 (タイ、契約書添付 B を転載)

=====

実験条件及び手順：タイ国における基本色領域の計測

1. 目的

ものを識別したり、同定したり、認識するとき、色彩は最も重要な視覚情報のひとつである。色覚は色彩(H)、明度(V)、彩度(C)の三次元空間で連続的に変化する。赤、緑、青などの基本色はこの三次元空間にそれぞれの領域を持つ。こうした基本色の領域を定量的に

明示すると、見やすい色の組み合わせとか色分けによる物の見分けなどが容易になる。色覚は加齢により変化していくので、色の領域も年齢で分けることが必要になってくる。

この実験により、マンセル表色系において、いくつかの基本色に対して、高齢者と若年者の二つのグループの色覚の領域を決定することができる。得られたデータは、各国の実験結果と比較し、基本色領域とそれに基づく色の組み合わせの国際規格を作る。

2. 方法

下記 2 種類の測定をする。

1) 色覚

石原式色覚検査票使用(産総研が用意)

2) 基本色領域計測実験

マンセル色票一式(参照色 13 色、テスト色 200 色) (産総研が用意)

3. 手順及び実験条件

図 1 に示したとおり、安定した照明条件の下(300 から 500 ルックスの昼光色蛍光灯)で、被験者は何枚かの基本色の色票(参照色)の前に座り、ランダムに選んだ 1 枚のテスト用色票を参照色の傍に置いてもらう。テスト用色票と参照色を比べてもらい、それぞれの 2 枚が

“色が似ている”か

“色が似ていない”

かを判断してもらう。2 枚の色票の色がまったく同じ場合は、“同じ”とする。被験者が同じか同じでないか判断する基準や、似ているか似ていないかの判断は、自分の判断による。この判断をすべてのテスト用色票(200 枚)について繰り返す。決まった回答用紙があればそれを使う。

基本色色票は日本製のものを使用する。不適切な色の順応効果を避けるために黒い背景の上に色票をおくこととする。照明によりデータの数値が変わってしまうので、300 から 500 ルックスの昼光色の蛍光灯を使用する。白熱灯は使わない。

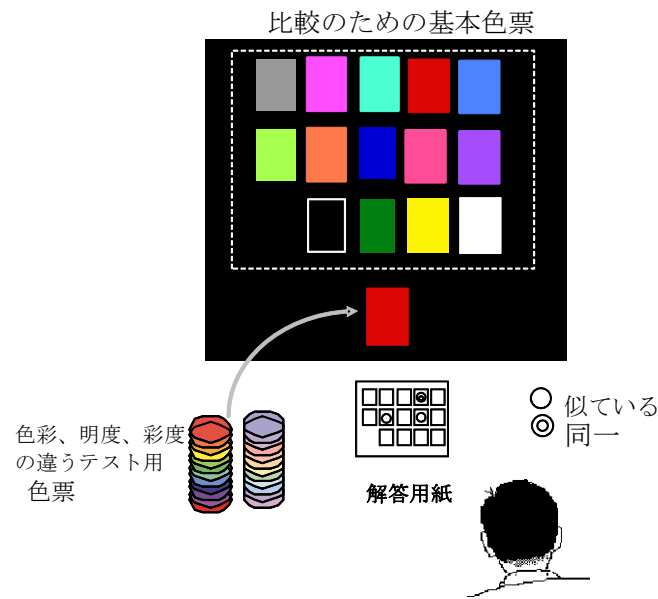


図1 実験の概要

4. 被験者

以下のように二つのグループを構成し、それぞれに対しデータを収集する。

- (a) タイ人の二十代の若年者
- (b) タイ人の六十歳以上の高齢者

各グループの人数は15～20人で男女の割合はバランスが取れているのが望ましい。正常色覚の被験者のみ採用するので、石原式色覚異常検査表を使って検査をする。

5. 提出物

それぞれのテスト色について、基本色との類似性や同一性を記した解答用紙を全て集めて、それぞれの対の色に対して“似ている”または“同一”と申告した人の割合の統計データを表す。それぞれの基本色と同一の割合を表した確率の等高線のデータにする。実験データを含むデータファイルは本研究所の実験担当者へ送る。

6. 安全性

この実験により、眼や体のほかの部位への生理的悪影響はない。この実験により、過度の眼精疲労や筋肉疲労・負担等がかかることはない。

7. 守秘義務

この実験で得たいかなるデータやまた患者の属性に関しても守秘義務を守る必要がある。

=====

結果 （別紙）

3.3 まとめ

今回のアジア2カ国による4項目に関する人間特性データ国際比較を行った。この成果は、今後、アクセシブルデザイン技術の国際規格化提案において技術的基盤として活用する。

また、本事業を通して、中国及びタイとの協力関係が築けたことの意義は大きい。上記の人間特性データに基づくアクセシブルデザイン技術の国際規格化提案においては、両国の積極的な支援が得られるものと期待される。